INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

Monográficos de psicología y neurociencias

2.º cuatrimestre 2018 · **N.º 20** · 6,90 € · investigacionyciencia.es

CUADERNOS

Mente&Cerebro

La ciencia de la enseñanza

Neuroeducación y estrategias didácticas

Técnicas de estudio
La competencia de aprender a aprender

Lenguaje
Cómo mejorar la lectura

Neurodidáctica
Bases cerebrales del aprendizaje

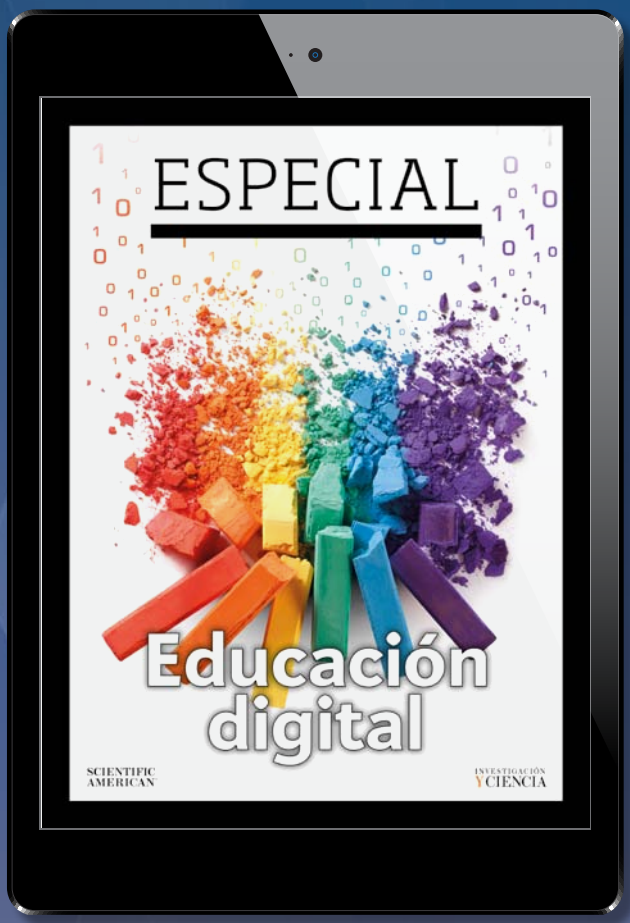
00020

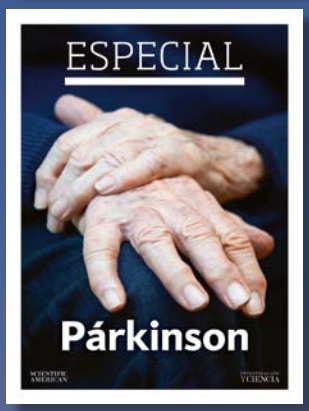
9 772253 959008

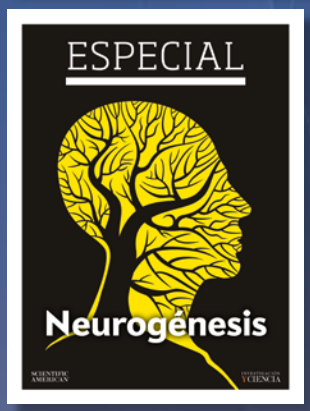
ESPECIAL

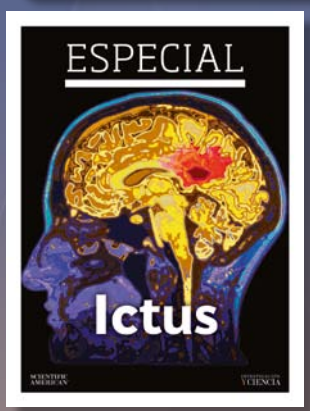
MONOGRÁFICOS DIGITALES

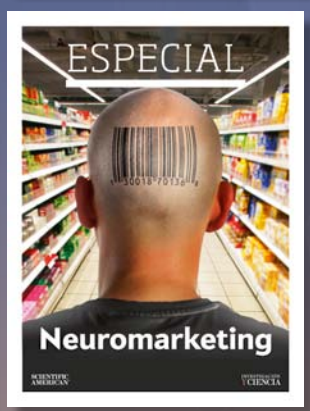
Descubre los monográficos digitales que reúnen nuestros mejores artículos (en pdf) sobre temas de actualidad











www.investigacionyciencia.es/revistas/especial

Prensa Científica, S.A.

¿Una *neuroescuela*?

En esta época del año, las aulas de los colegios se quedan vacías de alumnos y profesores. Los escolares emprenden las vacaciones de verano con nuevos conocimientos y saberes; los docentes, orgullosos de un trabajo bien hecho, y los padres, contentos con las notas de sus hijos. ¿Retrata esta escena la vida real o surge de una película de ficción?

Desde hace unos años, se habla de la neuroeducación o neurodidáctica, un enfoque de la enseñanza en el que convergen pedagogos, psicólogos y neurocientíficos en el afán de optimizar el aprendizaje de los alumnos. Como explica el filósofo, experto en ciencias cognitivas y escritor José Antonio Marina en su artículo «La inteligencia en el siglo XXI» (*pág. 4*), en el actual milenio se está configurando una visión integrada de la inteligencia, la cual plantea nuevos retos para la educación.

Al aprender, además de adquirir nueva información, los circuitos del cerebro se modifican. Pero también las emociones, así como las estrategias de aprendizaje y pedagógicas intervienen en los procesos cognitivos. ¿Qué método es el más adecuado para que un niño se desenvuelva sin problemas con las matemáticas? ¿Y para enseñarle a leer y a escribir? ¿Se debe impartir hoy la misma ciencia y de la misma forma que hace 20 años? ¿Resulta beneficioso empezar con una educación multilingüe en la edad preescolar?

Los autores de los trece artículos que reúne esta nueva entrega de *Cuadernos de Mente y Cerebro* se plantean estas y otras preguntas en busca de respuestas. Un objetivo no tan sencillo de alcanzar en un terreno en el que se mezclan diferentes opiniones y posturas. Mientras que los neurocientíficos destacan la importancia del cerebro en el aprendizaje, los más escépticos de una enseñanza «cerebralmente correcta» argumentan que el cerebro, aunque imprescindible, es solo un componente más pero no suficiente para abarcar todos los aspectos del aprendizaje (*véase* «Neurodidáctica», por Gerhard Friedrich y Gerhard Preiss; *pág. 12*).

Con todo, la neurociencia continúa aportando datos sobre cómo el cerebro procesa los conocimientos y el modo de optimizar el aprendizaje. Y los pedagogos conocen las estrategias didácticas. En definitiva, la neurociencia y las ciencias educativas deben trabajar en estrecha colaboración para que, a la vuelta de las vacaciones, los niños adquieran la mejor educación posible en las escuelas. «Yo no suspendo, suspenden los alumnos», afirmaba hace poco un profesor. ¿Realidad o ficción?

—La redacción

ISTOCK / BOWIE15

EN ESTE NÚMERO

1 **Presentación**
¿Una *neuroescuela*? *Por la redacción*

Neuroeducación

Cognición

4 La inteligencia en el siglo XXI
La inteligencia humana ha sido objeto de numerosas definiciones científicas a lo largo de los años. Ninguna definitiva. En el actual milenio se está configurando una visión integrada del intelecto que plantea nuevos retos para la educación.
Por José Antonio Marina

Pedagogía

12 Neurodidáctica
Al aprender cambian los circuitos del cerebro. De su estudio se ocupa una nueva disciplina, la «neurodidáctica». Postula que los neurólogos pueden ayudar a profesores y pedagogos a desarrollar mejores estrategias didácticas. *Por Gerhard Friedrich y Gerhard Preiss*

Enseñanza

20 Bases cerebrales del aprendizaje
Para mejorar la enseñanza escolar, neurocientíficos y pedagogos deben converger en el nuevo dominio de la neurodidáctica.
Por Ulrich Herrmann

Sistema educativo

26 La neurodidáctica a examen
Desde hace algunos años, los neurocientíficos se vienen introduciendo en el mundo de la pedagogía con la crítica manifiesta de muchos profesionales de las ciencias de la educación. ¿Qué puede y qué no puede aportar la neurociencia al aprendizaje?
Por Nikolas Westerhoff

Neurociencia

34 Técnicas para la estimulación del aprendizaje
Las últimas investigaciones sobre el cerebro dejan entrever nuevos métodos para mejorar la lectura, la escritura, la aritmética e incluso las destrezas sociales.
Por Gary Stix

Didáctica

Educación

44 La educación científica del siglo XXI: retos y propuestas
¿Se ha de enseñar hoy la misma ciencia y de la misma forma en que nos la enseñaron a nosotros?
Por Neus Sanmartí e Iván Marchán Carvajal

48 El nuevo rumbo de PISA
Por Peg Tyre

ISTOCK / ASISEEIT

Primera infancia

54 **La trascendencia del aprendizaje temprano**
Muchos padres están encantados con que sus hijos aprendan idiomas, música u otros contenidos ya en la guardería. Pero ¿es realmente efectiva una enseñanza estructurada tan precoz? *Por Nele Langosch*

Métodos de aprendizaje

60 **Ventajas de los yerros**
Realizar un examen preliminar antes de entrar en materia de estudio constituye una buena estrategia para el aprendizaje, sobre todo cuando se fallan las respuestas. *Por Henry L. Roediger III y Bridgid Finn*

Técnicas de estudio

64 **Aprendiendo a aprender**
Existe un acuerdo creciente sobre la necesidad de que el alumno regule su propio aprendizaje. ¿Cuáles serían los componentes principales del proceso? *Por Silvia Jiménez Torres y Luis Raimundo Guerra Cid*

Aprender a leer

68 **La enseñanza de la lectura**
La búsqueda del mejor método para enseñar a leer sigue preocupando a muchos educadores. La investigación científica permite actualmente encontrar respuesta a numerosos de los dilemas que se plantean. *Por Jesús Alegría, Marisol Carrillo y Emilio Sánchez*

Lenguaje

78 **Cómo mejorar la lectura**
A pesar de que leer parece una actividad sobre todo visual, se halla principalmente asociada con habilidades lingüísticas. La complejidad de la capacidad lectora requiere que los programas para su aprendizaje sean multidimensionales y se ajusten a las necesidades de cada niño. *Por Sylvia Defior*

Psicopatología

86 **Fobia a las matemáticas**
Rara vez, el miedo a los números y a la aritmética se debe a una deficiente habilidad para el cálculo. Algunas personas con aritmofobia poseen incluso una capacidad especial para esta asignatura «de talentosos». *Por Patricia Thivissen*

Entrevista

92 **Didáctica de la matemática**
Conviene que los escolares comprendan pronto el sentido profundo de los números y de las operaciones aritméticas, propone Inge Schwank, experta en la enseñanza de las matemáticas. *Por Annette Lessmöllmann*

Colaboradores de este número
Asesoramiento y traducción:
I. Nadal: *Neurodidáctica*, *Didáctica de la matemática*; Francesc Asensi: *Bases cerebrales del aprendizaje*, *La neurodidáctica a examen*; Luis Bou: *Técnicas para la estimulación del aprendizaje*, *El nuevo rumbo de PISA*, *Ventajas de los yerros*; Núria Comas: *La trascendencia del aprendizaje temprano*; Noelia de la Torre: *Fobia a las matemáticas*

Portada: iStock / RapidEye

Mente y Cerebro
Directora general: Pilar Bronchal Garfella
Directora editorial: Laia Torres Casas
Ediciones: Yvonne Buchholz, Anna Ferran Cabeza, Ernesto Lozano Tellechea, Bruna Espar Gasset
Producción: M.ª Cruz Iglesias Capón, Albert Marín Garau
Secretaría: Purificación Mayoral Martínez
Administración: Victoria Andrés Laiglesia
Suscripciones: Concepción Orenes Delgado, Olga Blanco Romero

EDITA
Prensa Científica, S.A.
Muntaner, 339 pral. 1.ª
08021 Barcelona (España)
Teléfono 934 143 344 Fax 934 145 413
e-mail precisa@investigacionyciencia.es
www.investigacionyciencia.es

Gehirn und Geist
Chefredakteur: Carsten Könneker (verantwortlich)
Artdirector: Karsten Kramarczik
Redaktionsleitung: Hartwig Hanser
Redaktion: Steve Ayan, Katja Gaschler, Anna von Hopffgarten, Andreas Jahn, Liesa Klotzbücher, Daniela Zeibig
Freie Mitarbeit: Joachim Retzbach
Schlussredaktion: Christina Meyberg, Sigrid Spies, Patrick Trappendreher; Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann, Anke Lingg, Gabriela Rabe
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck

DISTRIBUCIÓN
para España:
LOGISTA, S. A.
Pol. Ind. Polvoranca - Trigo, 39, edificio B
28914 Leganés (Madrid)
Teléfono 916 657 158
para los restantes países:
Prensa Científica, S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.ª - 08021 Barcelona

PUBLICIDAD
Prensa Científica S. A.
Tel. 934 143 344
publicidad@investigacionyciencia.es

SUSCRIPCIONES
Prensa Científica S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.ª
08021 Barcelona (España)
Teléfono 934 143 344
Fax 934 145 413
www.investigacionyciencia.es

Copyright © 2018 Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, D-69126 Heidelberg
Copyright © 2018 Prensa Científica S.A. Muntaner, 339 pral. 1.ª 08021 Barcelona (España)

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción en todo o en parte por ningún medio mecánico, fotográfico o electrónico, así como cualquier clase de copia, reproducción, registro o transmisión para uso público o privado, sin la previa autorización escrita del editor de la revista.

ISSN edición impresa: 2253-959X ISSN edición digital: 2385-569X
Dep. legal: B. 3021 – 2012

Imprime Rotocayfo (Impresia Ibérica)
Ctra. de Caldes, km 3 - 08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)
Printed in Spain - Impreso en España

COGNICIÓN La inteligencia humana ha sido objeto de numerosas definiciones científicas a lo largo de los años. Ninguna definitiva. En el actual milenio se está configurando una visión integrada del intelecto que plantea nuevos retos para la educación

La inteligencia en el siglo XXI

JOSÉ ANTONIO MARINA

En un mundo tecnológicamente avanzado, la inteligencia despierta gran interés, incluso desde el punto de vista económico. La revista *Forbes* anuncia que el «cociente intelectual» va a ser el próximo negocio del billón de dólares; las empresas farmacéuticas trabajan para producir «potenciadores cerebrales», y se contempla la posibilidad de mejorar genéticamente la inteligencia.

Algunas voces incluso apuntan que en un futuro próximo se producirá una suerte de simbiosis entre inteligencia individual y artificial, porque las conexiones entre cerebro y ordenador serán más fáciles. Ray Kurzweil, director de ingeniería de Google, habla del advenimiento de la era de las máquinas «espirituales». Según esta corriente de pensamiento, pronto hablaremos de una «inteligencia aumentada», correlato subjetivo de la «realidad aumentada» que actualmente manejamos. La tecnología de los macrodatos (*big data*) aspira a un conocimiento de la realidad sin necesidad de teorías, mediante la utilización de poderosos algoritmos capaces de encontrar patrones en información masiva y heterogénea.

En definitiva, la innovación continua produce un cambio acelerado al que la población tiene que adaptarse. Ello lleva a que se configure una nueva visión del intelecto, según la cual la función primordial de la inteligencia humana consiste en dirigir la acción para conseguir la homeostasis interna, la satisfacción de las necesidades y la adaptación al entorno. Así, pues, la capacidad de aprender con rapidez, de elaborar información, de resolver problemas y gestionar emociones son competencias que colaboran a la función principal.

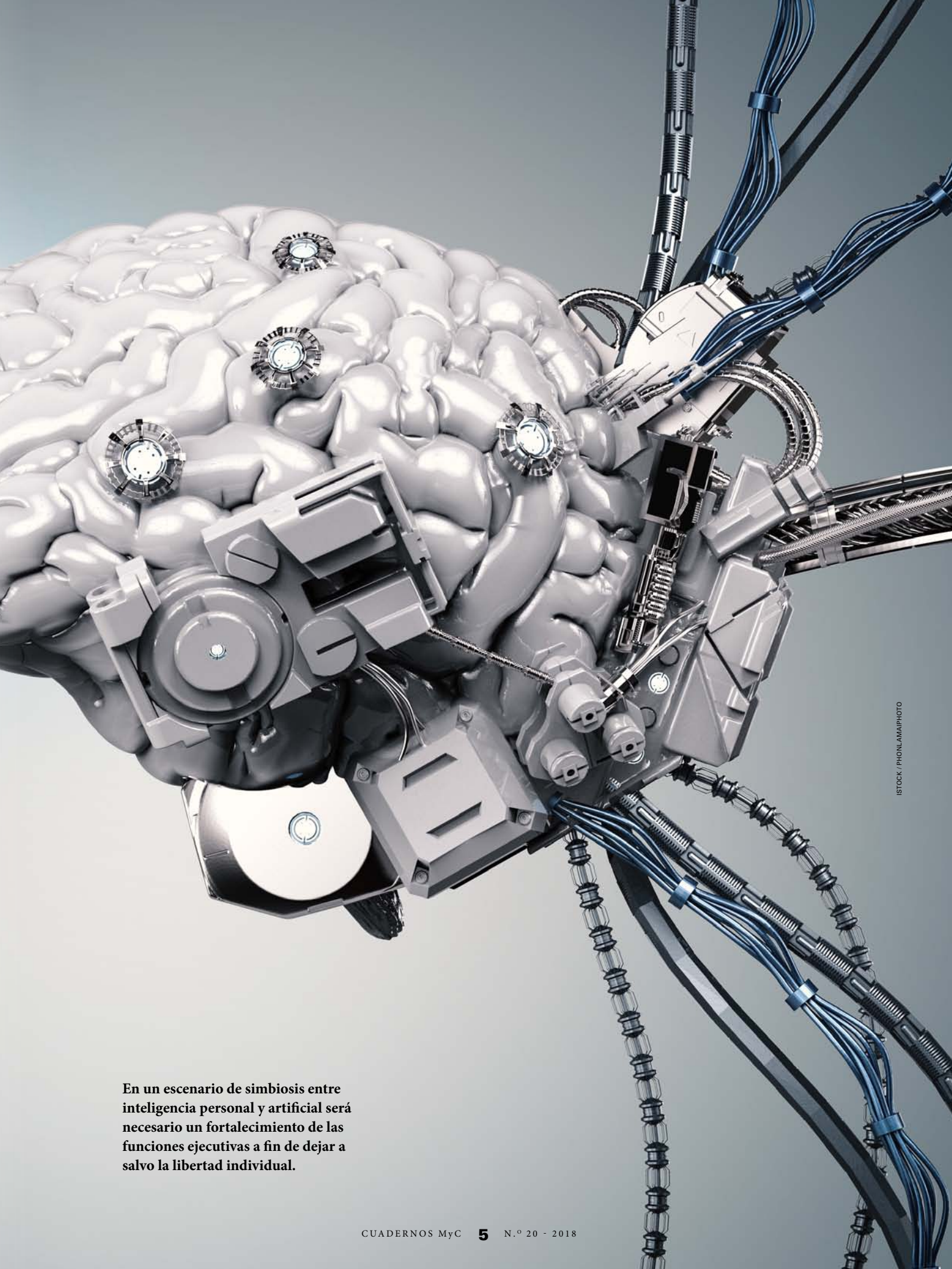
En este nuevo modelo que se está configurando, la inteligencia humana se organiza en dos niveles, que corresponden a los dos ámbitos funcionales que la neurología, la psicología cognitiva y las ciencias de la compu-

En síntesis: A dos bandas

1 Los conocimientos psicológicos y neurocientíficos apuntan a una inteligencia que integra dos niveles operativos.

2 En concreto se compone de una inteligencia computacional (inconsciente) y otra ejecutiva (consciente).

3 La educación debe favorecer el desarrollo de ambos niveles de inteligencia, con especial atención en el ejecutivo, y favorecer la colaboración mutua.



ISTOCK / PHONLAMAIPHOTO

En un escenario de simbiosis entre inteligencia personal y artificial será necesario un fortalecimiento de las funciones ejecutivas a fin de dejar a salvo la libertad individual.

tación identifican: por un lado, las operaciones mentales que nuestro cerebro realiza sin que seamos conscientes de ellas; por otro, las funciones ejecutivas que controlan, hasta cierto punto, esas operaciones.

El componente inconsciente

La inteligencia computacional constituye el «nuevo inconsciente» estudiado por la neurología. Engloba el conjunto de operaciones mentales que el sujeto lleva a cabo sin tener consciencia de cómo las realiza, pero que el cerebro es capaz de ejecutarlas en paralelo, lo que proporciona gran eficiencia. De esa manera se genera información: ideas, imágenes, recuerdos, emociones, deseos, etcétera.

Muchos autores han reconocido la existencia de un «generador de ideas»: el psicólogo Jerome Bruner habla de un generador de hipótesis; el lingüista y filósofo Noam Chomsky, de estructuras generativas en el lenguaje, y el psicólogo clínico Paul Salkovskis, de la Universidad de Bath, considera que las intrusiones cognitivas reflejan las actuales preocupaciones de una persona que brotan desde un generador de ideas en el cerebro. Basta intentar mantener la mente en blanco para comprobar el trabajo incesante de esa máquina de ocurrencias.

Habilidades de la inteligencia ejecutiva

Las funciones ejecutivas del cerebro representan uno de los temas más investigados por la neurociencia en los últimos años. Se las relaciona con los lóbulos frontales, que trabajan como un director de orquesta del resto de la actividad cerebral. En torno a la inteligencia ejecutiva se han identificado nueve funciones principales: activación cerebral intencionada, inhibición del impulso, control de la atención, selección de metas, mantenimiento del flujo de energía dirigido a una meta, memoria operativa, flexibilidad, regulación emocional y metacognición.

Desde un punto de vista estructural, la inteligencia humana es lingüística

La capacidad de la inteligencia computacional para llevar a cabo complejas operaciones de forma no consciente es uno de los más asombrosos hallazgos de la neurociencia actual. Sin embargo, el fenómeno se conoce desde hace tiempo. Numerosos matemáticos han apelado a un «pensamiento no consciente» para explicar sus descubrimientos. Carl Friedrich Gauss (1777-1855) contó en una carta su descubrimiento de un complejo teorema de la teoría de números: «Hace dos días, lo logré, no por mis penosos esfuerzos, sino por la gracia de Dios. Como tras un repentino resplandor de relámpago, el enigma apareció resuelto. Yo mismo no puedo decir cuál fue el hilo conductor que conectó lo que yo sabía previamente con lo que hizo mi éxito posible». La misma sensación experimentó William Rowan Hamilton (1805-1865) cuando descubrió los cuaternios: «Vinieron a la vida completamente maduros, el 16 de octubre de 1843, cuando paseaba con la señora Hamilton hacia Dublín, al llegar al puente de Brougham. Allí saltaron en mi interior, como chispas, las ecuaciones que buscaba». El científico polifacético Henri Poincaré (1854-1912) recuerda que la solución al complicado problema de las funciones fuchsianas apareció de repente en su cabeza en el momento de subir a un autobús para iniciar una excursión. Sacó la conclusión obvia: él no estaba pensando en esas funciones, pero su cerebro, sí. La creación matemática, concluyó, es inconsciente. El caso del matemático Srivanasa Ramanujan es paradigmático. Afirmaba que sus teoremas le eran inspirados directamente por la diosa Namagiri, durante sus sueños. Wolfgang Amadeus Mozart (1756-1791), por su lado, afirmaba que las composiciones se le aparecían de una vez.

Una parte de los resultados de esa «inspiración» (imágenes, ideas, emociones, recuerdos, melodías) pasa al estado consciente. Esta es otra de las características fundamentales del nuevo modelo de inteligencia ejecutiva: la importancia que concede a la consciencia y a la información en estado consciente. Pero no siempre ha sido así.

Investigadores como Ray Jackendorff o Marvin Minsky, uno de los padres de la inteligencia artificial, han negado la relevancia de la consciencia en el comportamiento humano. En opinión de Minsky, la consciencia va siempre un poco retrasada respecto de los acontecimientos neuronales que la producen y, por tanto, es inútil. Los experimentos del neurólogo Benjamin Libet

(1916-2007) demostraron que unos doscientos milisegundos antes de que decidamos ejecutar un movimiento, ya se han activado las zonas premotoras correspondientes [*véase* «Tras el libre albedrío», por Cristoph Herman; Mente y Cerebro n.º 53, 2012].

No obstante, parece confirmarse que la consciencia mejora la capacidad de la inteligencia para dirigir la acción. «La mente humana consciente ha hecho que la evolución tome un rumbo nuevo, precisamente porque nos ha facilitado la posibilidad de elegir», indica el neurólogo Antonio Damasio.

Conversación a dos bandas

Rastreemos la génesis de un deseo, por ejemplo, la sed. Conocemos los mecanismos neuronales que detectan un nivel elevado de cloruro sódico en la sangre y producen el impulso a beber. Asistimos aquí al momento en que una operación de la inteligencia computacional (la necesidad de disminuir el nivel de sodio) se transforma en una experiencia consciente (la sed). Imaginemos que el sujeto que la siente solo tiene a su alcance agua contaminada. Si el impulso dirigiera su acción, bebería a pesar del peligro. Sin embargo, detiene la acción. Esta es la tarea de la inteligencia ejecutiva: bloquea el impulso, compara la información consciente con un criterio de evaluación, la acepta, rechaza o pide a la inteligencia computacional que la reelabore. El criterio de evaluación puede ser variado: estético, racional, emocional, ético. El proyecto vigente, o la meta buscada, funciona también como criterio de evaluación del proceso.

Cuando nos levantamos para buscar un libro de la biblioteca, activamos esquemas musculares que funcionan de manera automática, pero de forma consciente sorteamos los obstáculos y evaluamos si alcanzamos el volumen o debemos buscar una escalera.

El diálogo entre los dos niveles de la inteligencia se manifiesta en las actividades creativas. Los artistas reconocen que la primera idea les viene a la cabeza sin saber por qué. Procede de la inteligencia computacional. Al artista puede resultarle interesante: el novelista Henry James explicaba que «veía posibilidades» y entonces centraba la atención y construía sobre ella un proyecto. El poeta Paul Valéry señalaba: «El primer verso de un poema lo proporciona la Musa; a partir de ahí debemos continuar voluntariamente».

Lo que caracteriza al creador —sea en el campo del arte, de la ciencia o de la tecnología— es ver posibilidades donde otros no ven nada. Jeff Hawkin, investigador que ha pasado de la informática a la neurología, considera que el intelecto está siempre a la caza de patrones. Cuando la inteligencia ejecutiva acepta un proyecto, activa la memoria correspondiente a esa tarea (memoria operativa o de trabajo), la cual actúa como analizadora de la información. Evalúa todo a partir del proyecto. Esa actitud permanece mientras el propósito se halla vigente; desaparece cuando se ha cumplido. Se trata del efecto Zeigarnik, es decir, la tendencia a recordar mejor las tareas inacabadas que las acabadas según publicó la psicóloga Bluma Zeigarnik en 1927.

La relación de la memoria operativa con las actividades creativas está confirmada. John Jonides, de la Universidad de Michigan, explica: «La memoria operativa se halla causalmente relacionada con el éxito del pensamiento de alto nivel. Constituye un excelente predictor de la capacidad de resolver problemas». Philip Merikle, de la Universidad de Waterloo, reveló a través de un metanálisis de 77 estudios la alta correlación entre la memoria de trabajo y la capacidad de comprensión lingüística. Art Markman, de la Universidad de Texas, ha correlacionado esta capacidad memorística con la creatividad.

Desde el consciente y el lenguaje

El modelo ejecutivo de la inteligencia no ha surgido de repente; antes bien, ha requerido un largo período de elaboración. Cabe recordar como precursores a Alexander Luria (1902-1977) desde la neurociencia, y a Ulric Neisser (1928-2012), Tim Shallice, Donald Norman y Robert Sternberg desde la psicología cognitiva. Luria estudió los lóbulos frontales, sus funciones y patologías a través de la expresión del cerebro ejecutivo. Asimismo investigó,

EN BREVE
TIPOS DE INTELIGENCIA

Computacional: Conforma la parte inconsciente del intelecto; se la relaciona con los automatismos adquiridos, también con la creatividad.

Ejecutiva: Pertenece al nivel consciente; se la considera sede de la capacidad de decisión, el autocontrol y, en último término, de la libertad individual.

EN EL ÁMBITO DE LAS PSICOPATOLOGÍAS

Las alucinaciones, los trastornos obsesivos compulsivos o las depresiones son producto de la inteligencia computacional, que funciona de forma autónoma. También se han identificado alteraciones ejecutivas: la incapacidad de inhibir la respuesta, de iniciar la acción, tomar decisiones, mantener las metas o de cambiar los objetivos. James Russell, de la Universidad de Oxford, ha estudiado el autismo como desorden ejecutivo. Russell A. Barkley, uno de los más reputados investigadores en trastorno por déficit de atención e hiperactividad, considera que esta psicopatología forma parte de una alteración de las funciones ejecutivas más amplia.

siguiendo la huella de su maestro Lev Vigotsky, el «habla interna», como herramienta para que el cerebro lleve a cabo sus funciones ejecutivas. Desde un punto de vista estructural, la inteligencia humana es lingüística, ya que las personas necesitamos del lenguaje para pensar y comunicarnos con los demás y con nosotros mismos, y gestionar el propio cerebro.

Neisser apuntó la necesidad de admitir un «agente que seleccione y emplee la información almacenada, aunque nos parezca desagradable». Le atribuía el adjetivo «desagradable» porque hablar de un elemento que selecciona o toma decisiones resucitaba el fantasma del «alma» o del «homúnculo» que se hacía cargo de los mandos. No le parecía aceptable la idea de un *yo* que tomase decisiones, porque este debería tener dentro otro *yo* que tomara las decisiones, y así hasta el infinito. A pesar de esta dificultad, afirmaba: «Es difícil imaginar un sistema explicativo que no distinga entre una memoria que guarda los conocimientos y un agente o procesador que, de alguna manera, la utilice».

Tim Shallice y Donald Norman, director del Instituto de Neurociencia Cognitiva de la Universidad de Londres y de la Universidad Noroccidental, respectivamente, presentaron en 1986 un modelo en el que distinguían un procesamiento automático y otro controlado. Frente a las conductas automáticas e involuntarias se encuentran aquellas que requieren un control deliberado y consciente (planear y tomar decisiones, buscar soluciones a un problema o enfrentarse a situaciones de alta complejidad y que precisan superar un hábito sobreaprendido, entre otras). Bautizaron el primer nivel como procesamiento distribuido en paralelo (PDP) y al superior como control consciente y deliberado (CCD).

La consciencia del sí mismo supuso un aumento de la eficacia de la conducta

También habría que considerar las aportaciones de los psicólogos preocupados por el tema del control de la conducta, concepto que pasó de la cibernética a la psicología a través de la teoría de la agencia (estudia el autocontrol de la conducta humana). Todos ellos admiten algún proceso que dirige el comportamiento.

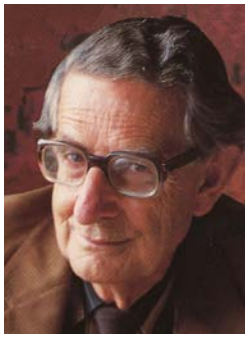
Un término con numerosas versiones

El concepto de inteligencia ha sido vivamente debatido a lo largo de la historia. En el año 1921, *The Journal of Educational Psychology* convocó un simposio sobre el significado de esta palabra. Catorce expertos propusieron definiciones variadas: «el poder de dar buenas respuestas desde el punto de vista de la verdad» (Edward L. Thorndike, 1874-1949); «la capacidad de pensar abstractamente» (Lewis M. Terman, 1877-1956); «la capacidad de adaptarse a situaciones relativamente nuevas» (Rudolph Pintner, 1884-1942); «la capacidad para adquirir capacidad» (Herbert Woodrow, 1883-1974). Ninguna de las definiciones presentadas contentó a la totalidad de los investigadores. En un famoso artículo publicado en *New Republic*, Edwin Boring, historiador de la psicología, concluyó que habría que definir la inteligencia como «lo que miden los test de inteligencia». Setenta y cinco años más tarde, Robert Sternberg y la redacción de la revista *Intelligence* plantearon la misma cuestión a otro grupo de especialistas. El desacuerdo continuó, hasta tal punto que Hans Eysenck, una de las personalidades consultadas, respondió a la pregunta con un artículo titulado: «¿Existe la inteligencia?». Sandra Scarr y Louise Carter-Saltzman afirmarían con contundencia: «Nadie sabe lo que es la inteligencia». En los años noventa aparecieron nuevos enfoques, como la «inteligencia emocional» (Daniel Goleman), la «inteligencia práctica» (Sternberg) o las «inteligencias múltiples» (Gardner), que no fueron capaces de presentar un modelo completo del funcionamiento de la inteligencia humana.

Allen Newell, padre de la inteligencia artificial, anunció en su libro *Unified theories of cognition* la necesidad de crear una teoría unificada de la cognición, que integrase los conocimientos psicológicos y los relacionados con la inteligencia artificial. Aunque él mismo pretendió elaborarla, solo se ocupó del conocimiento, por lo que dejó de lado el mundo de las emociones.

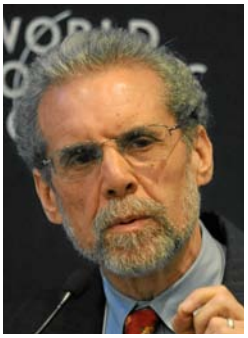
WIKIMEDIA COMMONS / DOMINIO PÚBLICO

Edward L. Thorndike



WIKIMEDIA COMMONS / SIRSWINDON / CC-BY-SA

Hans Eysenck

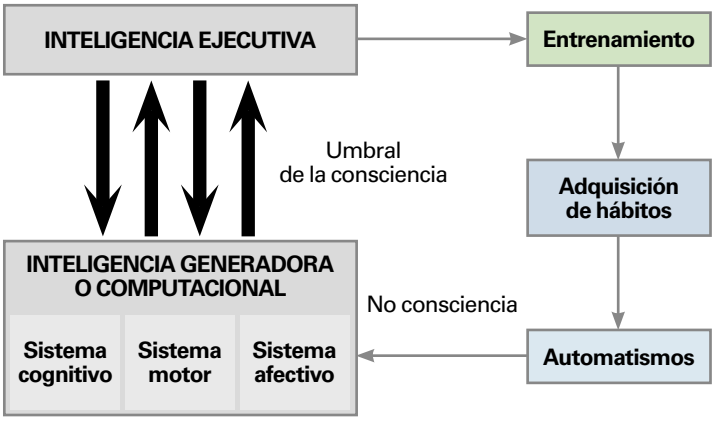


WIKIMEDIA COMMONS / WORLD ECONOMIC FORUM / CC-BY-SA 2.0

Daniel Goleman

Un bucle prodigioso en el cerebro

Una persona puede modificar los esquemas que ha configurado a partir del aprendizaje. ¿Cómo? Mediante un entrenamiento desde la consciencia. Según expone el neurólogo Antonio Damasio, desde un control consciente (inteligencia ejecutiva) puede guiarse la construcción de la maquinaria inconsciente (inteligencia computacional), de la que a su vez procede. De esta manera se forma un «bucle prodigioso». Como señaló Norman Doidge, experto en neuroplasticidad, el cerebro se construye a sí mismo. Ello abre un abanico de posibilidades en el ámbito de la educación.



En este contexto, Anette Karmiloff-Smith, de la Universidad de Londres, ha elaborado en fecha reciente una versión de la obra de Piaget que repara en los fenómenos de control. Divide la evolución infantil en tres etapas: el niño aprende a llevar a cabo una actividad; se centra en controlar la manera de ejecutarla y vuelve a centrarse en realizarla, pero de otra manera. Desde la arqueología cognitiva, Merlin Donald, de la Universidad Case Western, revela que el primer desarrollo que diferenció a *Homo sapiens* de otras especies consistió en la capacidad de recuperar de manera voluntaria las entradas de memoria. Y William Powers (1928-2013), padre de la teoría del control, sostuvo que la conducta intencional y el control son la misma cosa. Definió este último como «la producción de resultados estables frente a factores que deberían producir inestabilidad».

En resumidas cuentas, controlamos la conducta cuando mantenemos estable nuestro plan, aunque las circunstancias exteriores cambien.

Formulaciones actuales

El modelo de los dos niveles ha sido propuesto también por el premio nobel Daniel Kahneman en su obra *Pensar rápido, pensar lento* (2012). «El sistema uno opera de manera rápida y automática, con poco o ningún esfuerzo y sin sensación de control voluntario. El sistema dos centra la atención en las actividades mentales esforzadas que lo demandan; sus operaciones están a menudo asociadas a la experiencia subjetiva de actuar, elegir y concentrarse.» Esta es una operación que consume gran cantidad de energía [*véase* «Psicología de las preferencias», por Daniel Kahneman y Amos Tversky; Investigación y Ciencia, mayo de 1982].

Los experimentos de Roy Baumeister, de la Universidad estatal de Florida en Tallahassee, han demostrado que todas las variantes del esfuerzo voluntario (cognitivo, emocional o físico) se sirven, al menos en parte, de un fondo compartido de energía mental. La inteligencia ejecutiva se encargaría de la administración de esa energía.

Con todo, la formulación más completa hasta el presente del modelo ejecutivo de la inteligencia la encontramos en las investigaciones de Damasio. Comenzó estudiando la corteza prefrontal y su enlace con las áreas límbicas, y ha terminado elaborando un modelo general del funcionamiento de la mente. El diseño homeostático de todas las criaturas vivas se conforma de una colección de directrices operativas que deben seguirse para que el organismo alcance sus metas.

La esencia de esas líneas directrices se antoja bastante sencilla: «Si sucede A, entonces hacer B». Para que cierta acción se lleve a cabo de manera expeditiva y correcta debe existir un incentivo que favorezca un tipo de reacciones sobre las otras. Las recompensas y los castigos se administran basándose en el diseño de sistemas de criterios de reacción. La consciencia y, en especial, la de sí mismo, supuso para los humanos un aumento de la eficiencia en la conducta. «Antes de su aparición, la regulación de la vida era totalmente automática. Después de la aparición de la consciencia, la regulación de la vida conservó automatismos, pero de manera paulatina quedó bajo el influjo de deliberaciones orientadas por el sí mismo. [...] La consciencia es una recién llegada en la gestión de la vida», señala Damasio.

José Antonio Marina es filósofo y director de la Cátedra sobre Inteligencia Ejecutiva de la Universidad Antonio de Nebrija. Ha escrito numerosos libros y artículos sobre la inteligencia y la creatividad.

En otras palabras, evolutivamente, la inteligencia ejecutiva ha emergido de la inteligencia computacional.

La capacidad de autocontrol es una creación cultural, que se transmite por la educación. «La infancia y la adolescencia del ser humano duran el desmedido tiempo que duran porque se tarda mucho en formar y capacitar los procesos inconscientes de nuestro cerebro y en crear, dentro de ese espacio cerebral inconsciente, una forma de control que, de manera más o menos fiable, pueda actuar de acuerdo a metas e intenciones conscientes.»

Para la neurofilósofa Patricia Churchland, en la actualidad en la Universidad de California en San Diego, esa lenta formación puede describirse como el proceso de transferencia de parte del control consciente a un servidor inconsciente. Su afirmación nos conduce directamente al campo de la educación.

Futura sociedad del aprendizaje

Los retos a los que se enfrenta la pedagogía en este siglo XXI pueden resumirse en tres objetivos esenciales: desarrollar la inteligencia computacional, fomentar la ejecutiva y conseguir una buena colaboración entre ambas. En este sentido, los estudios sobre neuroplasticidad confirman nuestra capacidad de aprender más de lo que creíamos, ya que podemos educar el inconsciente, es decir, el conjunto de operaciones que desarrolla la inteligencia computacional. En ese primer nivel de la inteligencia se encuentran los esquemas que generan ideas, emociones o movimientos, que ya describiera el psicólogo Frederic Bartlett (1886-1969). Según su teoría, el «esquema» es una estructura neuronal configurada por aprendizaje, que permite realizar operaciones cognitivas, emocionales o motoras. Como describía Bartlett, cuando un tenista golpea la pelota, utiliza sus esquemas musculares. Pero cuando llevamos a cabo una operación matemática, usamos los cognitivos. Los esquemas pueden cambiarse, lo que abre a la educación insospechados horizontes.

Los descubrimientos de la neurociencia, que ya se aplican en la clínica, deben emplearse en la escuela. Se han dado los primeros pasos. En 2004 se constituyó la Sociedad Internacional de Mente, Cerebro y Educación (IMBES, por sus siglas en inglés) para impulsar una ciencia transdisciplinar, construida sobre la neurociencia, la psicología y la pedagogía. También se ha producido una abundante bibliografía sobre neurodidáctica o neuroeducación, es decir, sobre cómo enseñar pensando en el cerebro.

Asimismo, el nuevo modelo de la inteligencia aviva el debate sobre la libertad individual. En 2011, Michael S. Gazzaniga, neurólogo que se distinguió por sus estudios sobre el cerebro dividido, reflejaba en la obra *Who's in charge?* la relación entre la neurología y la ética: si las funciones ejecutivas constituyen el fundamento neurológico de la autonomía, el autocontrol y, en último término, la libertad, nos estamos moviendo en un terreno de trascendental importancia para la evolución de la humanidad.

Daniel Dennet, filósofo que conoce bien las nuevas tecnologías y la neurociencia, asegura que la libertad es el final de un largo proceso de «autodomesticación» de la especie humana. Es decir, se trata de una creación cultural que es preciso mantener y transmitir. Por eso, una de las grandes tareas que tenemos quienes trabajamos en el complejo transdisciplinar que engloba la neurociencia, la psicología y la pedagogía, consiste en conocer bien y aprender a fortalecer las funciones ejecutivas. Es una tarea decisiva para mantener la humanización de nuestra especie. En palabras de Alain Caron, de la Universidad Laval: «Necesitamos elaborar una pedagogía de la atención, el autocontrol y el mantenimiento del esfuerzo». ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 66

PARA SABER MÁS

Handbook of self-regulation. R. F. Baumeister y K. D. Vohs. The Guildford Press, 2004.

Think different: The merits of unconscious thought in preference development and decision making. A. Dijksterhuis en *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 87, págs. 586-598, 2004.

Where creativity resides: The generative power of unconscious thought. A. Dijksterhuis, A. y T. Meurs en *Consciousness and Cognition*, vol. 15, págs. 135-146, 2006.

What is computational intelligence and where is it going. Challenges for computational intelligence. W. Duch en *Studies in Computational Intelligence*, vol. 63, págs. 1-13, 2007.

Towards comprehensive foundations of computational intelligence. W. Duch en *Challenges for computional intelligence*, Springer, 2007.

Modelos de funciones y control ejecutivo (I y II). J. Tirapu-Ustárroz et al. en *Revista de Neurología*, vol. 46, n.º 11 y 12, págs. 684-692 y 742-750, 2008.

The unconscious mind. J. Bargh y E. Mosella en *Perspectives on Psychological Science*, vol. 3, n.º 1, págs. 73-79, 2008.

The organisation of mind. T. Shallice y R. Cooper. Oxford University Press, Nueva York, 2011.

La inteligencia ejecutiva. J. A. Marina. Ariel, Barcelona, 2012.

Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas. J. Tirapu et al. Viguera, Barcelona, 2012.

EN NUESTRO ARCHIVO

La neurodidáctica a examen. N. Westerhoff, *en este mismo número*.

Inteligencia 2.0. C. Wolf en *MyC* n.º 48, 2011.

La inteligencia: ¿un eterno debate? C. Wolf en *MyC* n.º 65, 2014.

Suscríbete a Mente&Cerebro

Ventajas para los suscriptores:

- **Envío** puntual a domicilio
- **Ahorro** de hasta un **21 %** sobre el precio de portada
  ~~41,40 €~~ 35 € por un año (6 números)
  ~~82,80 €~~ 65 € por dos años (12 números)
- **Acceso gratuito** a la edición digital de los números incluidos en la suscripción
- **Te regalamos** además un número de la colección Cuadernos a elegir (en formato digital)

GRATIS
un número a elegir de la colección
CUADERNOS

www.investigacionyciencia.es/suscripciones
Teléfono: +34 934 143 344

PEDAGOGÍA Al aprender cambian los circuitos del cerebro. De su estudio se ocupa una nueva disciplina, la «neurodidáctica». Postula que los neurólogos pueden ayudar a profesores y pedagogos a desarrollar mejores estrategias didácticas

Neurodidáctica

GERHARD FRIEDRICH Y GERHARD PREISS

Con el primer día de clase después de las vacaciones del verano ha vuelto a empezar para diez millones de niños y jóvenes alemanes la cara seria de la vida. En las aulas, ochocientos mil profesores tratan de enseñar a sus alumnos los temas necesarios para una formación básica cabal. Se enseñan y aprenden muchas cosas y muy variadas: desde leer y escribir, pasando por la guerra de los Treinta Años, hasta el cálculo diferencial e integral. Pero ¿realmente logra la escuela comunicar lo que la nueva generación necesita para tener un futuro afortunado?

Más bien no. De lo contrario, el sistema escolar alemán no hubiera quedado en los últimos lugares en el informe PISA. Incluso en capacidades fundamentales como lectura y ortografía, los escolares germanos mostraron deficiencias escandalosas. (En España, los colegios alemanes ocupan, sin embargo, un lugar destacado en rendimiento académico.) Después de un breve aturdimiento, producto de la sorpresa, políticos y pedagogos buscan febrilmente las razones de este «fracaso escolar». Las preguntas se dirigen sobre todo a la didáctica general, es decir, a esa parte de la pedagogía que se ocupa, con independencia de la materia, de cómo se enseña y aprende con la mayor eficacia.

Mientras ya hace decenios que filósofos, psicólogos, antropólogos y sociólogos debaten sobre la cuestión, la investigación del cerebro se había quedado fuera de la problemática didáctica. Una auténtica paradoja. En último término, el aprender tiene lugar en la cabeza; todo proceso de aprendizaje va acompañado de un cambio en el cerebro. Por esa razón, la neurobiología representa necesariamente el fundamento científico sobre el que se deberían edificar las teorías didácticas modernas.

De esta idea partimos, cuando hace unos años fundamos una nueva disciplina, la «neurodidáctica». Intenta configurar el aprendizaje de la forma que mejor encaje en el desarrollo del cerebro. Sin embargo, este planteamiento sigue encontrando la oposición de los pedagogos de formación exclusivamente humanista («de letras»). Pero a nadie se le ocurriría la idea de construir una casa con pintores, fontaneros o jardineros, prescindiendo de un arquitecto. Porque, a la luz de los nuevos conocimientos de la investigación cerebral en torno al aprendizaje, resulta evidente que muchos supuestos educativos son muy elementales.

Por ejemplo, las tesis de Jean Piaget. El patriarca suizo de la psicología evolutiva, fallecido en 1980, sostenía que el desarrollo evolutivo de los niños transcurría por etapas que sistemáticamente se sucedían unas a otras. Capacida-

En síntesis: Unión entre didáctica y neurología

1 El aprendizaje produce un cambio en el cerebro. Por ese motivo, la neurobiología constituye el fundamento científico sobre el que deberían edificarse las teorías didácticas modernas.

2 Durante tiempo se ha pensado que la capacidad productiva del cerebro y, por tanto, su potencia de aprendizaje, estaba genéticamente preprogramada. Estudios en animales revelan que no es así.

3 El desarrollo de las capacidades cognitivas y del cerebro se hallan inseparablemente ligados uno con otro, y por ello, también la didáctica y la neurología.

GERHARD PREISS

La recreación del jardín de los números, en el Instituto de Enseñanza Media Max Planck de Bad Krozingen, presenta los números, del uno al diez, en forma de figuras geométricas: desde el círculo de un metro cuadrado de superficie (*izquierda*) siguiendo, en sentido contrario a las agujas del reloj, hasta el decágono con 10 metros cuadrados de superficie. El modelo es de Rolf Beck.

des y errores lógicos característicos marcarían a cada una de tales etapas, que establecerían los límites del aprendizaje en función de la edad. En uno de sus experimentos más famosos, Piaget vertía agua de un recipiente ancho en otro más estrecho ante la mirada de niños en edad preescolar. La mayoría de estos se aferraba a que el recipiente más delgado tenía más agua: porque el nivel era más alto.

Piaget atribuyó la respuesta a que sus jóvenes probandos solo podían tener en cuenta esa dimensión (la altura) y que pasaban por alto la anchura y la largura. Su conclusión: en la fase «preoperacional», que llega hasta aproximadamente los seis años, los niños no suelen estar en condiciones de tomar en consideración varias informaciones a la vez y de combinarlas con sentido en su comprensión del mundo. Debido a esa incapacidad para el pensamiento lógico, no merecía la pena tratar de enseñar a un preescolar el cálculo.

Andando el tiempo se ha sabido que los pequeños realizan, sin la menor dificultad, esas operaciones intelectuales, siempre y cuando se les comunique en consonancia con su edad. Algunos, con solo tres años, muestran una captación de las relaciones físicas fundamentales. Pueden apreciar velocidades en la medida en que asocian de modo correcto el espacio con el tiempo. Comprenden también el principio de Arquímedes, es decir, que un cuerpo flota solo cuando su densidad es menor que la del agua.

Hasta los lactantes poseen un potente conocimiento básico. Bebés de solo cuatro meses llegan a distinguir, en un panel, entre cuatro y seis puntos (el primer paso del cálculo). Los pequeños «gateadores» manifiestan una sensibilidad matemática al ordenar sus peluches por tamaños. Los niños intentan siempre desarrollar este conocimiento intuitivo, solo que lo hacen de forma diferente a los adultos. La máxima del primer año de vida reza «aprender haciendo». Los pequeños científicos llevan a cabo, de manera sistemática concentrados y, en la mayoría de los casos, con consecuencias firmes, experimentos

o toda una serie de intentos de los que derivan teorías, que ulteriores ensayos corroboran o revisan. Cuando, después de lanzarlo al aire cientos de veces, el cubo de madera siempre cae al suelo, el retoño sabe, aunque sin poderlo conceptualizar, que hay algo, a lo que nosotros llamamos fuerza de la gravedad. Estudios del comportamiento han mostrado que los niños amplían rápidamente después sus conocimientos si tienen la posibilidad de ensayar muchas veces. Si Piaget hubiera hecho pasar el agua de un recipiente a otro un par de veces, la mayoría de los niños hubiera llegado a la conclusión correcta.

Los neurobiólogos describen el cerebro como un sistema activo que, con una base segura en conocimientos previos, llega al mundo e inmediatamente empieza a hacer preguntas al entorno. Desde el primer lloro, los infantes se dedican a descubrir lo que acontece a su alrededor. Durante mucho tiempo se ha tenido por cierto que la capacidad productiva del cerebro —y, por tanto, también su potencia de aprendizaje— estaba genéticamente preprogramada, como pasa con el color de los ojos o del pelo. Pero experimentos con animales revelan que el patrimonio hereditario fija solo el equipamiento básico del plan de ejecución neuronal. La corriente de información de los órganos de los sentidos y las constantes interacciones activas con el entorno determinan después qué aprendemos y qué talentos desarrollamos.

Chocolate para novatos

Cada ser humano tiene al nacer unos cien mil millones de células nerviosas, una cantidad que va disminuyendo ligeramente a lo largo de la vida. En los dos primeros años de vida aumentan sobre todo las terminaciones por las que cada neurona envía señales a más de otras mil. Los lugares de contacto, las sinapsis, transmiten las informaciones entre las células. Más de cien billones (10^{14}) de tales conexiones sinápticas unen las neuronas a las redes locales, que se pueden comunicar entre sí incluso a distancias algo más largas.

Al principio se da un superávit de sinapsis entre las neuronas, sinapsis que están uniformemente distribuidas. Pero, cuando ciertas neuronas reaccionan ante unas características que con frecuencia aparecen asociadas y que suelen dispararse de forma sincrónica, se refuerzan las sinapsis entre dichas células nerviosas y se mantienen a largo plazo. Por ejemplo, un chocolate caliente presenta varias características que estimulan a sentidos distintos: es líquido, marrón, tiene un olor característico, un sabor amargo (si no se le ha añadido azúcar) y uno puede quemarse la lengua al probarlo. Cada taza que se bebe un niño refuerza la conexión sináptica entre los grupos de neuronas que están activados en ese momento. Después de unas cuantas tazas, el cerebro ha encadenado de ese modo las informaciones aisladas en una imagen de conjunto. El niño conoce ahora cómo sabe un buen chocolate y puede apelar, una y otra vez, a este conocimiento. Y a la inversa, se rescinden, con el paso del tiempo, las conexiones existentes entre células nerviosas que nunca trabajan al mismo tiempo.

Al modo de un escultor, que de un bloque de piedra va sacando a golpes los trozos sobrantes y crea una escultura, los procesos de aprendizaje modelan el cerebro, que tiene un exceso de sinapsis. Se ocupan de que desaparezcan las conexiones poco utilizadas y de que, por el contrario, se refuercen y se consoliden las más activas. Todo lo que aprendemos —desde los primeros tientos, pasando por el habla y la familiaridad imaginaria con la vida de los pokemones, hasta el vocabulario inglés— modifica nuestras redes neuronales. El desarrollo de las capacidades cognitivas y del cerebro están, por tanto, inseparablemente ligados uno con otro y, por ello, también la didáctica y la neurología. Solo la colaboración entre ambas puede desarrollar nuevas estrategias de aprendizaje que tengan más en cuenta a los niños, con las que profesores y educadores pueden conocer mejor y hacer prosperar los talentos de sus pupilos. Quien conoce cómo y bajo qué condiciones se modifica el cerebro al aprender puede enseñar mejor.

Aunque los humanos no acaben de aprender nunca, los fundamentos del conocimiento posterior ya se asientan, en gran parte, en la infancia. El dicho popular «lo que Juanito no aprende, jamás lo aprenderá Juan» tiene un fundamento neurobiológico. Las asociaciones entre neuronas se deciden, sobre todo, en los primeros 15 años de vida. Hasta esa edad se va configurando el diagrama de las células nerviosas. De entonces en adelante, la maduración cerebral queda en buena medida conclusa; se delimitan, al menos a grandes rasgos, las pistas por donde pensará el adulto. Aunque las redes neuronales dispondrán todavía de cierta plasticidad, las sinapsis habilitadas se refuerzan o se debilitan hasta una edad avanzada por medio de nuevos estímulos, vivencias, pensamientos y acciones; gracias a ello, nunca se termina de aprender. Sin embargo, después de la pubertad es menos fácilmente moldeable y las nuevas conexiones sinápticas son más raras. Por eso retenemos lo nuevo con tanta más dificultad cuanto más tardamos en querer apropiárnoslo.

Los pequeños son los que mejor aprenden, sugieren las investigaciones de Erik Knudsen, fisiólogo y etólogo de la Universidad de Stanford. En sus experimentos con crías de lechuza, les colocó unas gafas con prismas de inversión. Veían, pues, el mundo cabeza abajo. Tres semanas más tarde, las rapaces se habían acostumbrado al

LOS AUTORES

Gerhard Friedrich y *Gerhard Preiss* investigan en la reforma de la pedagogía. Preiss enseña, además, didáctica de la matemática en la Escuela Superior de Pedagogía de Friburgo.

mundo invertido y podían orientarse sin ninguna dificultad. Les retiró las gafas y las aves volvieron, tras un breve intervalo temporal, al modo original de percepción. Cuando estos mismos individuos llegaron al estadio adulto, Knudsen volvió a ponerles y quitarles las gafas. ¿Qué sucedió? Se adaptaron sin dificultad a las dos formas de visión. Habían aprendido de jóvenes ambas perspectivas. En cambio, si les ponían las gafas primera vez en estado adulto, las lechuzas no se habituaban.

Cerebro con necesidad de aprender

Así pues, resulta beneficioso fomentar las sinapsis en los niños cuanto antes y que estas abarquen la mayor diversidad posible; por ejemplo, enseñándoles lenguas extranjeras. Podría ser razonable ponerles casetes en inglés desde que gatean. Aunque no lleguen a entender una palabra, el mero oír desarrolla, en diversas áreas del cerebro, las vías neuronales responsables de la posterior adquisición de ese idioma.

Una de esas regiones cerebrales es el área de Wernicke, que se ocupa del lenguaje. Corresponde a este centro diferenciar y clasificar los elementos de una lengua. Cuando recibe un sonido, el cerebro del niño rastrea su entorno en busca de modelos acústicos característicos. Si encuentra uno que tenga sentido, lo registra en el centro de Wernicke. Paso a paso, se forma una memoria de los sonidos del entorno lingüístico. Un niño que se ha familiarizado, desde temprana edad, con los modelos acústicos de dos lenguas, posee, más adelante, un fondo más rico de modelos acústicos que otro que ha crecido solo con su lengua materna.

El responsable fundamental del lenguaje en cuanto tal es el área de Broca. Aquí se desarrolla la memoria de la pronunciación. Imitando los sonidos oídos, el niño aprende a amoldar sus propias expresiones, a diferenciarlas y a distribuirlas en los componentes básicos del idioma. Un trato precoz con una lengua extranjera archiva en dicha área abundantes modelos. Gracias a las redes neuronales, que se desarrollan por el contacto con la segunda lengua, el niño tendrá confianza en las peculiaridades fonéticas de su lengua. Si se encuentra después en la escuela con una palabra inglesa, su cerebro puede recurrir a los circuitos en cuestión. Memoriza con más rapidez nuevas palabras y le resultan también más fáciles los enunciados correctos.

Quien ha crecido desde niño con dos idiomas, ancla lo aprendido en redes tan estables, que sigue dominando la otra lengua aunque transcurran decenios en volver a emplearla. Y esto es también válido para otros ámbitos, como la aritmética. Ejercicios tan lúdicos como el justo reparto de un pastel entre compañeros asientan las bases neuronales de la comprensión matemática.

El desarrollo del cerebro necesita, pues, de la interacción continua con el mundo exterior. Los neurólogos lo han investigado, sobre todo, en el sentido de la vista. Al nacer, las conexiones neuronales de la vista están más o menos predeterminadas por la herencia genética. El ajuste o sintonización fina se realiza, después, en el intercambio con el entorno. Una fase concreta del desarrollo, la llamada fase crítica, reviste especial importancia. Si, durante este lapso de tiempo, el influjo del entorno no es posible o es muy restringido, la capacidad visual se desarrolla solo parcialmente, si no se pierde del todo.

GERHARD PREISS

Los niños de parvulario asignan en el juego «la casa de los números» un hogar a cada número del uno al diez. De esta manera, cada cifra dispone de un sitio fijo en el aula.

La fase crítica de una formación sosegada del sistema visual alcanza aproximadamente hasta la edad de la escolarización. Quien en esta etapa no activa la visión y no alimenta su cerebro con informaciones visuales no aprenderá nunca a ver, pues ya no se pueden formar las necesarias conexiones sinápticas. Y, en principio, esto es válido también para los procesos cognitivos. La diversidad de los estímulos exteriores determina la complejidad con que se conectan y se intercomunican las neuronas (de ello se ha ocupado la evolución). Cuando la experiencia y lo aprendido rigen el desarrollo cerebral es cuando mejor se adapta nuestro órgano central a su entorno.

¿Qué importancia tiene para la didáctica? Si la enseñanza y formación de los niños ofrecen los estímulos intelectuales que necesita el cerebro, pueden desarrollarse las capacidades cognitivas y, en ese caso, también resulta fácil aprender. En la enseñanza preescolar y en la primaria, los pedagogos suelen recelar de capacitar con tino el pensamiento infantil (tal vez, porque no quieren sobrecargar a sus pupilos). Pero, precisamente entre los tres y los diez años, el cerebro infantil busca sin cesar nuevo alimento que el mundo ofrece en abundancia: cada segundo golpean a los órganos de los sentidos infinidad de impresiones.

Ratones en el test de aprendizaje

Pese a ello, no percibimos, ni de lejos, todos los estímulos que nos llegan. Si tal aconteciera, las células grises llegarían muy pronto al límite de sus posibilidades de ordenar con sentido la abundancia de información. Al contrario, tiene lugar un proceso continuo de selección que destila cada diminuta parte que merece archivarse en el cerebro. La atención lo decide. Esta hace que, de entre la plétora de estímulos, los órganos de los sentidos seleccionen los que conviene elaborar de manera consciente. Dado que al cerebro le interesan ante todo los cambios que suceden en el entorno, los objetos nuevos, sorprendentes o en movimiento, despiertan casi de modo automático la atención.

Lo desconocido excita sobremanera las redes neuronales. Por eso se archiva fácilmente como información en la memoria. A los niños les encantan las sorpresas y a sus cerebros también. Esto no se limita a ciertos huevos de chocolate y su contenido. Un entorno cambiante y variado que cada día despierte la curiosidad hacia lo nuevo lleva casi de modo automático a aprender.

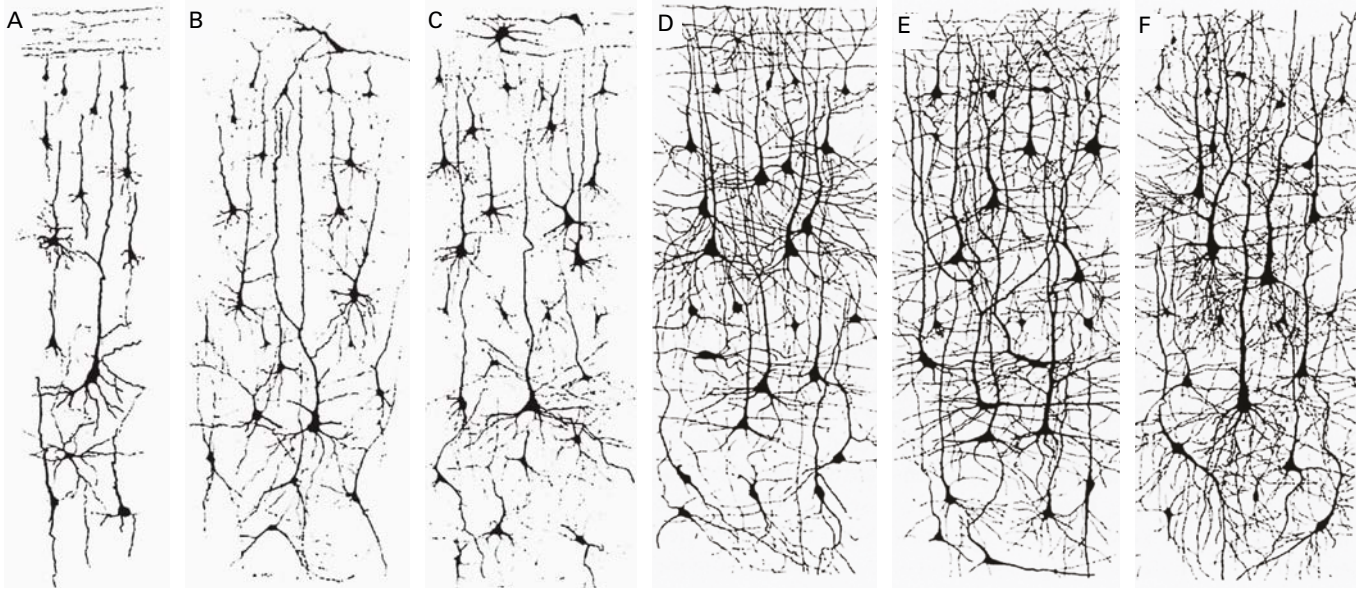
Ahora bien, por qué estímulos nos decidamos dependerá, asimismo, de los condicionamientos internos; en primer lugar, del sentido que otorguemos a un suceso. Las expectativas despiertan una atención focalizada. Como el cerebro ha aprendido que los coches pueden venir por calles laterales, al conducir tenemos en cuenta automáticamente esa circunstancia. Estímulos esperados llegan de forma privilegiada, a costa de otros sucesos, a la consciencia, que los elabora con eficacia y los interpreta con celeridad.

Cada noticia de los órganos de los sentidos obliga al cerebro a escudriñar en busca de informaciones que encajen con el fenómeno presente. Afluyen todas las sensaciones y experiencias anteriores. Si, por ejemplo, un nuevo estado de cosas recuerda algo interesante o agradable, el cerebro activa todas las redes nerviosas que guardan alguna relación con él. Les inserta después lo nuevo; ya está aprendiendo.

Al propio tiempo, la corteza cerebral se ocupa con ella misma cuando aprende los estímulos exteriores. La mayoría de sus células nerviosas reciben señales de otras neuronas corticales y solo las transfieren a otras células de la corteza cerebral. Motivo: estas células nerviosas comparan continuamente la información sensorial recibida con los contenidos de la memoria preexistentes. Cuantos más datos acertados se dan, mejor se graba lo nuevo. Aprender constituye, pues, un proceso que se autoimpulsa: cuanto más matemáticas o inglés sabe un escolar, tanto más rápidamente progresa en esa materia.

Pero ¿cómo discurre el día a día escolar? La mayoría de las veces apenas si se intenta consolidar las capacidades del alumno. Muy al contrario, se dedica a compensar las deficiencias que resultan de la comparación entre el programa de clase y lo que los escolares saben. Rige una suerte de patrón que podríamos ejemplificar en la frase siguiente: «Si no entiende ahora el cálculo integral, no alcanza el nivel de la clase». En vez de aprovechar y consolidar las capacidades de los alumnos, se les atormenta insistiendo en sus puntos débiles.

Puede incluso ser peor. Muchos profesores transmiten la materia siempre del mismo modo. Con frecuencia, los escolares solo pueden salvarse aprendiendo cabezonamente los contenidos de memoria, sin entenderlos. Desde un punto de vista neurobiológico, esa postura



KOLB / WHISHAW, NEUROPSYCHOLOGIE

Al nacer (*A*) las células nerviosas de la corteza cerebral tienen pocos contactos unas con otras, pasado un mes (*B*) o dos (*C*) empiezan a formarse múltiples conexiones. A los seis meses (*D*) la ramificación es notable y va aumentando hasta el segundo año (*E*, quince meses; *F*, dos años).

carece de sentido. Si un alumno no ha entendido bien algo, la memorización refuerza precisamente las conexiones defectuosas, al activarlas de nuevo. De ese modo, el error mental se graba más profundo en el cerebro. Ante esa situación, solo vale cambiar por completo el método de explicar. Aprender algo nuevo cuesta mucho menos que obligar a reorientarse a una red neuronal consolidada.

Al escolar le frustra tanto fracasar una y otra vez en el mismo problema como le satisface vivir un éxito. De esto se encarga el propio cerebro. En el Centro de Investigación Educativa y de la Memoria de Magdeburg, Henning Scheich y Holger Stark han estudiado el líquido cerebral de la coteza frontal de los ratones de carreras. Si los roedores habían resuelto bien la tarea propuesta, aumentaba su nivel de dopamina, molécula transmisora. El incremento produce un sentimiento de felicidad con el que el ratón, en cierta medida, se premia a sí mismo.

Las emociones como turboaprendizaje

La dopamina, junto con la acetilcolina, otro neurotransmisor, provoca —también en el escolar— ganas de más. Cuando podemos ordenar una nueva información en una conexión ya existente, es decir, aprender algo nuevo, los dos mediadores no solo refuerzan nuestra concentración, sino que proporcionan, además, satisfacción. Quizá por eso nuestro semblante muestre después una sonrisa cómplice.

«Todo lo que, a la hora de aprender, produce contento refuerza la memoria», sabía ya en el siglo XVII Jan Amos Comenius, uno de los fundadores de la didáctica. Tal vez lo afirmaba por experiencia personal. Hoy está científicamente probado que las emociones desempeñan un papel decisivo en la formación de la memoria. El responsable es el sistema límbico. Esta parte del cerebro posibilita la amplia gama de estados emocionales: rabia, tristeza, miedo, disgusto, felicidad y placer. Cada señal que llega de los sentidos se dirige a él, en paralelo a la vía que lleva a la corteza cerebral.

El sistema límbico evalúa, pues, directamente los estímulos aferentes, antes incluso de que la consciencia pueda intervenir. Por eso podemos, por ejemplo, reaccionar, presta e instintivamente, ante situaciones peligrosas. Mas el sistema emocional decide también sobre qué estímulos son importantes y valiosos. A través de la corteza cerebral se compara la situación con experiencias y reflexiones anteriores y así llega a la consciencia. En suma, los sentimientos pueden fomentar el aprendizaje en la medida en que intensifican la actividad de las redes neuronales y refuerzan, por ende, las conexiones sinápticas.

Las informaciones, a las que el sistema límbico ha impreso un sello emocional, se graban profunda y perdurablemente en la memoria. Mientras el mero saber suele borrarse pronto, los sentimientos se mantienen por largo tiempo. El cerebro lo aprovecha asociando diferentes contenidos de la memoria con el mismo matiz sentimental. Esta se reactiva más tarde al aprender y facilita incorporar a la red existente elementos de una situación nueva.

Pero las informaciones teñidas de emoción no solo hallan mejor el camino a la memoria a largo plazo. Se encuentran, también, más disponibles. Aun cuando se dirían olvidadas las clases de inglés, basta oír la canción favorita de los Rolling Stones para que vuelva a la conciencia la letra. Cuán estrechamente relacionados están sentimientos y recuerdos se puede constatar en el hecho de que algunas alteraciones de la memoria, como las de la enfermedad de Alzheimer, se acompañan siempre de lesiones en el sistema límbico.

Jugar ayuda a archivar

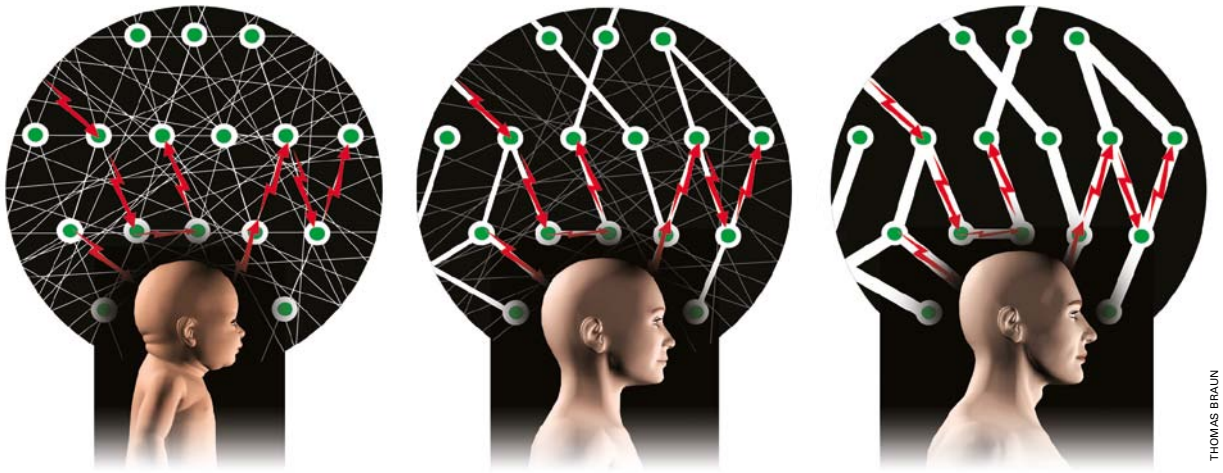
La neurobiología pone, pues, de manifiesto que se aprende mejor cuando la materia presenta un componente emocional. Sin embargo, no resulta sencillo en determinados contextos difíciles de matemáticas. Pero los pedagogos pueden arreglárselas envolviendo las secas ecuaciones en una historia de suspense. Es también muy importante un entorno educacional emocionalmente agradable, puesto que fomenta la curiosidad y la motivación de los escolares, de lo que se beneficia el aprendizaje y la enseñanza, sobre todo, en contextos algo más complejos.

Que las emociones influyen de manera destacada en la percepción y atención lo hemos experimentado todos alguna vez al leer un libro. Algunas novelas le dejan a uno sencillamente frío, el pensamiento divaga y la lectura causa más pena que placer. Pero si la acción encierra una trama emocional que hace vibrar, el lector se concentra y se sumerge en la historia que el sistema límbico convierte en inolvidable.

Esto mismo vale para la enseñanza. Cuando un niño observa algo con indiferencia, es difícil que lo retenga en la memoria. Solo los sentimientos convierten lo sucedido en la clase en una vivencia personal, en ese caso, lo que se le enseña significa algo para él; y el resultado son los rápidos progresos en el aprendizaje, además de una satisfacción que compensa los esfuerzos precedentes.

Emoción y motivación dirigen el sistema de atención, que decide qué informaciones se archivan en los circuitos neuronales y, por tanto, se aprenden. Pero difícilmente se puede dirigir la atención a dos cosas al mismo tiempo. La actividad en un circuito inhibe las actividades en los otros. De ahí que carezca de sentido ir cambiando, en clase, de una área a otra. Los escolares necesitan tiempo para captar de manera consciente un tema. Si se despierta el interés, podrán concentrarse en la materia y abandonarla tranquilamente después. Desde un punto de vista neurobiológico, lo correcto es: primero excitar la red pertinente; retenerla luego activamente y, por fin, dejarla reposar.

Aunque el cerebro es muy superior, en muchos aspectos, a cualquier superordenador, su eficacia también tiene límites. El cuello de botella parece ser el puente entre la memoria a corto plazo y a largo plazo. Toda



En los dos primeros años de vida, se forman un gran número de conexiones entre las neuronas del cerebro, muchas más de las que se requerirán después. De esta manera, irán disminuyendo y solo se mantendrán y reforzarán los contactos necesarios. Este proceso queda prácticamente cerrado en la pubertad. El adulto tiene a su disposición una red nerviosa bien arraigada, aunque con poca capacidad de adaptación.

impresión sensorial, que el sistema de atención considera relevante, aterriza al principio en la memoria a corto plazo. Que se fije de manera más permanente depende de cuán intensa sea la impresión que deja en el cerebro y de si este se ocupa de ella. Precisa cambios químicos y eléctricos que, en un principio, solo refuerzan contactos sinápticos muy endebles. A partir de las vías nerviosas entrelazadas se va formando un modelo de sólidas conexiones, los engramas. Estas conexiones constituyen la memoria a largo plazo.

Sin embargo, el proceso en cuestión se ve alterado por otras muchas informaciones que entran al mismo tiempo en las células grises. No debe sorprendernos que los humanos aprendan mejor cuando se concentran en una materia. Desde una óptica neurobiológica, se hallan justificadas las denostadas tareas para casa, pues las repeticiones de los temas —a ser posible en la más absoluta tranquilidad— fomenta la formación de engramas.

El factor tiempo reviste una importancia no menor. Hasta que, en los procesos de aprendizaje, las conexiones entre las correspondientes células nerviosas se estabilizan o se debilitan, transcurren muchas horas. Los neurólogos no pueden asegurar todavía cuánto dura esta fase de consolidación, aunque parten de que cuesta menos tiempo apropiarse de algo nuevo en el momento en el que el cerebro consolida lo ya aprendido. Si así no fuera, los contenidos se superpondrían, lo que compromete la fijación neuronal. Por el contrario, aprender a intervalos tiene mucho más sentido, y la didáctica debería tomarlo cada vez más en cuenta. Durante una breve pausa o mediante la práctica de juegos distendidos, el cerebro de los escolares puede archivar las materias enseñadas.

Otro consejo de los neurólogos a los pedagogos: cuanto de formas más variadas se transmita una información, tanto más anclada queda en la memoria a largo plazo. Se aprende con tanta más facilidad cuanto más sentidos intervienen. Puesto que las neuronas se comunican entre sí por impulsos eléctricos, resulta indiferente si se activan por la vista, el tacto, el oído, el movimiento o por la mera reflexión.

Humanos con un solo ojo

Cuán eficaz es el aprendizaje multisensorial lo pone de manifiesto nuestro proyecto de guarderías «Descubrimientos en Numerolandia». Los escolares viven, una hora a la semana, el mundo abstracto y simbólico de las matemáticas como un país multicolor, que invita a unos viajes de exploración. Los niños asignan a un número (de uno a diez) una casa, con la figura y número de la casa, mediante bolas y cubos que corresponden al número (*véase figura de la página 15*). A uno de los números se le nombra «número del día». Le atribuyen, de su cosecha, historias fantásticas, por ejemplo, que cada casa es única, que los humanos solo tienen un ojo y una pierna. Por el «camino numérico» pueden ir aprendiendo, poco a poco, los números. Ante cada número resuelven un acertijo, recitan un verso, entonan una canción y bailan. Después de diez sesiones, la mayoría de los pequeños dominan muchos aspectos de los números, mientras que la planificación escolar del ciclo inicial dedica a esta materia gran parte del primer año de enseñanza.

La neurología explica tamaño éxito: la memoria de los humanos funciona por asociaciones. Un aspecto parcial de un estado de cosas almacenado basta, al recordar, para devolver a la consciencia toda la información. Hablando en imágenes: estirar en un punto de la red neuronal implicada saca a la luz la red entera. Si al cerebro se le presenta el tema en las máximas conexiones posibles,

aumenta el número de puntos de los que, en caso de necesidad, puede estirar. Así pues, cuanto más variada es la información que se da en clase, tanto mejor.

Con todo, los neurólogos reclaman también condiciones constantes y formas externas permanentes. El cerebro exige cierto orden lógico para almacenar y evocar los contenidos de la memoria. Los proyectos didácticos que no respetan este aspecto dificultan el aprendizaje.

A partir de la forma de trabajar del cerebro se deduce, pues, el principio fundamental de la neurodidáctica: hacer que los niños aprendan en consonancia con sus dotes y talentos. En esta pedagogía de la competencia no es el plan de estudios el que decide lo que hay que aprender, sino las capacidades personales de los escolares. Tiempo atrás no solo los pedagogos, sino también muchos neurobiólogos suponían que todos veníamos al mundo con las mismas condiciones previas de aprendizaje. Pero ahora se sabe que las condiciones cognitivas previas están genéticamente dadas solo en potencia, y que se desarrollan en una interacción con el entorno, es decir, por el aprendizaje.

Cada niño posee su propio repertorio de posibilidades de desarrollo, tiene sus talentos peculiares, pero también sus limitaciones. El cerebro, el sistema de búsqueda de información, sabe dónde están los puntos fuertes de su «amo» y trata de explotarlos y ampliarlos por medio de preguntas atinadas. La curiosidad infantil, que muchas veces parece insaciable, no es arbitraria y sin propósito, sino que está dirigida por las dotes personales. A un niño le interesa, en la mayoría de los casos, aquello que mejor conoce y preguntará con insistencia por el tema.

Ahí reside la tarea más importante de la enseñanza, pero también les corresponde a los padres descubrir qué es lo que mejor dominan sus hijos, lo que despierta su curiosidad y lo que les gusta. Desde la neurodidáctica, una clase ideal adecua el contenido de las materias a las competencias individuales. Solo los pedagogos que conocen las capacidades de sus alumnos pueden alimentar el cerebro que aprende con lo que anhela.

El aparejo tiene prioridad

Esto no quiere decir que a los alumnos se les haya de enseñar solo las materias favoritas y esconder el resto debajo de la alfombra. La pedagogía de la competencia no pretende acabar con la cultura básica, sino fomentar el ansia de saber de los escolares por sus preferencias. Por supuesto que todos los alumnos han de saber leer y escribir al final del ciclo inicial, y un bachiller ha de haber oído hablar de la guerra de los Treinta Años. La cuestión es otra: si se han de aprender necesariamente determinados contenidos en un momento fijo e inamovible para que se cumpla el plan de estudios y se alcance el objetivo de la clase. Los profesores no habrían de imponer continuamente prioridades al cerebro, como: «Cierto que tú quieres saber cómo funciona un aparejo de poleas fijas y móviles, pero el plan de estudios establece que ahora debes interpretar poesía expresionista». Cuando sucede esto, se atrofian los intereses y talentos innatos. Y las otras áreas, que habrían de verse reforzadas con esta medida, se benefician poco de ella; en este caso, tanto los escasos talentos como la poca motivación frenan el éxito escolar.

Aprender significa seguir caminos propios de estudiar y explorar algo. Solo se consigue tal cometido, si el corsé del plan escolar no se aprieta en exceso y los profesores pueden animar y juzgar de manera individual a sus alumnos. La escuela ha de fomentar las ganas de aprender. Estas se muestran, en general, en el deseo de saber algo y dominar, al menos, algunas áreas.

La persona que confía en sus propias capacidades puede también superar mejor una u otra carencia. Según el pedagogo suizo Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827), el aprendizaje ideal se desarrolla «con cabeza, corazón y manos». Los resultados de los estudios en neurociencias dan la razón a los pedagogos reformistas. Hoy sabemos que el cerebro conjuga los tres aspectos (pensar, sentir y actuar) en un todo. A los niños, en guarderías y escuelas, hay que transmitirles los conocimientos necesarios de forma que se adecuen a la manera de trabajar del cerebro. Pero esto solo se logra cuando profesores y educadores conocen el desarrollo neurológico de los procesos de aprendizaje. La investigación cerebral y las ciencias educativas deben, pues, trabajar en estrecha colaboración. Confiamos en que con la neurodidáctica hayamos dado un primer paso en este campo.

Curiosidad, interés, gozo y motivación son los presupuestos para aprender algo. Han de fundar, fomentar y reforzar nuestro sistema educativo (y por cierto, no empezando en la guardería, sino ya antes). Fijándonos en el funcionamiento del cerebro, constatamos que todo ser humano podría aprender desde el nacimiento hasta el final de su vida. Por tanto, la neurodidáctica implica no solo desarrollar métodos de aprendizaje que tienen en cuenta la neurobiología del cerebro infantil, sino también creer que una cualidad fundamental del ser humano es la disposición a aprender. «Disco, ergo sum» (aprendo, luego existo). La catástrofe educativa habría de superarse bajo este lema. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 4

PARA SABER MÁS

Die Praktikabilität der Neurodidaktik. Ein Analyse- und Bewertungsinstrument für die Fachdidaktik. G. Friedrich. Peter Lang, Frankfurt del Main, 1995.

Das Gehirn in Aktion. A. R. Lurija. Rowohlt, Reinbek, 1996.

Neurodidaktik. Theoretische und Praktische Beiträge. Dirigido por G. Preiss. Centaurus, Herbolzheim, 1998.

Lehrbuch Allgemeine Didaktik. W. H. Peterssen (6.ª ed.). Oldenbourg; Munich, 2001.

ENSEÑANZA Para mejorar la enseñanza escolar, neurocientíficos y pedagogos deben converger en el nuevo dominio de la neurodidáctica

Bases cerebrales del aprendizaje

ULRICH HERRMANN

ISTOCK / SKYNESHER

Alumnos aburridos, maestros frustrados, malos resultados académicos... la escuela no funciona. Los neurodidácticos dicen que no es extraño: la vida cotidiana de muchas instituciones docentes estatales contradice principios básicos de la neurociencia.

Lo *neuro* está de moda. Neuroeconomía, neuroética, neuroteología, neurogermanística, neurohistoria y neurodidáctica. Los científicos se aprestan a explicar nuestras vivencias y conductas admitiendo su origen cerebral, no solo en el sentido trivial de la palabra, según el cual todo pensamiento y toda actividad se apuntalan en el funcionamiento del cerebro, sino también en el sentido estricto de ser resultado genuino de la actividad cerebral y sus consecuencias. Es lógica la atención que se concede al funcionamiento del cerebro en este sentido. Importa conocer en qué circunstancias utilizamos el cerebro y cuándo rige, inconsciente, nuestra conducta.

Los nuevos medios de exploración y analíticos, sobre todo en el estudio de los procesos metabólicos y mecanismo de acción de los neurotransmisores y en las técnicas de imagen, han hecho posible en las dos últimas décadas descubrimientos que transforman nuestras ideas sobre el funcionamiento del cerebro. Entre estos descubrimientos mencionaremos:

- El sistema límbico como valorador de informaciones y las actividades cerebrales que de ello se derivan.
- Las neuronas especulares como base del aprendizaje a partir de un modelo, amén de fundamento del concepto del cerebro como órgano social.
- La abundancia de sinapsis neuronales durante los primeros años de vida y su posterior disminución cuando, mediante su estímulo y uso, quedan definitivamente fijadas.
- La estructuración de las funciones cerebrales de acuerdo con su uso y experiencia adquirida.
- La repercusión social (consideración, entrega o reconocimiento) como medio indispensable de supervivencia para los humanos y la acción de neuromoduladores estimuladores de la motivación (dopamina, opioides endógenos y oxitocina) en el sistema de recompensa autónomo de nuestro organismo.

Nuevos desafíos para la pedagogía

Como consecuencia de este desarrollo, los científicos, desde diversos puntos de vista, se ven obligados a hacer un nuevo análisis y una valoración de la conducta humana. Por ejemplo, un conductor que provoca un accidente y, en un estado de estrés y miedo, se da a la fuga. ¿Comete una acción equiparable, desde el punto de vista moral y penal, a la de quien comete un atraco planeado? Un alumno cuyo cerebro, debido a las condiciones de estrés, no puede rendir lo suficiente, ¿puede ser penalizado en su fracaso escolar, comprometiendo de este modo su futuro?

Está demostrado que los agentes de nuestro sistema de motivación son las experiencias positivas en las relaciones y los lazos afectivos: recibir atenciones y reconocimientos, elogios y protección. Se sabe que la disposición al buen rendimiento y al éxito depende de la confianza y las esperanzas depositadas en conseguirlo. En contraposición, comprobamos que los planes escolares y los sistemas de enseñanza, con sus experiencias de fracaso y desánimo, generan temor en vez de estimular la creatividad y la autonomía.

Centrarse en el rendimiento y en las calificaciones escolares supone un obstáculo para el desarrollo de la curiosidad y la motivación. Ante este panorama, ¿puede seguir tolerándose la situación?

La mayoría de los pedagogos académicos se confiesan escépticos ante los desafíos de la neurociencia. Algunos adoptan incluso una actitud hostil. Olvidan que en todos los cambios de siglo de la Edad Moderna se han experimentado reorientaciones de la pedagogía encaminadas a la «naturaleza natural» del niño y del joven: a principios del siglo XVIII, François Fénelon (1651-1715) y August Hermann Francke (1663-1727); al empezar el siglo XIX Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) y los filántropos; en los inicios del XX, los pedagogos de la reforma educativa.

Común a todas esas inquietudes es la necesidad de nuevos métodos docentes, la urgencia de una psicope-

EL AUTOR

Ulrich Herrmann es profesor de pedagogía histórica, teórica y escolar en las universidades de Tubinga y Ulm.

En síntesis: Aprender más y mejor

1 Pedagogos y neurocientíficos deben colaborar para optimizar el aprendizaje de los alumnos. Los primeros, con sus conocimientos sobre la actividad cerebral; los segundos, con aportando los contenidos de la enseñanza.

2 La máxima garantía de éxito en la enseñanza radica en una pedagogía de la diversión basada en la neurodidáctica: entre otros factores, deben priorizarse la motivación, la curiosidad y la satisfacción por los logros.

3 La curiosidad y la creatividad solo pueden desarrollarse en una atmósfera distendida y lúdica. De esta manera se evita también que el alumno sufra estrés por alcanzar un rendimiento determinado y su temor ante el fracaso.

ISTOCK / STEVE DEBENPORT

Curiosidad y creatividad solo pueden desarrollarse en una atmósfera distendida y lúdica. Para Maria Montessori (1870-1952), renovadora de la educación, la observación de los juegos que espontáneamente ha olvidado un niño constituía un dato crucial para entender qué es lo que el propio niño prefiere aprender. En esto no hay errores, lo único que se demanda son infatigables pruebas hasta conseguirlo. Los profesores deben animar a los alumnos a que den rienda suelta a sus fantasías y muestren su talento.

dagogía que tenga en cuenta las funciones cerebrales, una pedagogía de la curiosidad y del afán por aprender, de la motivación y de la recompensa.

Desde principios del siglo XVIII, pedagogos y psicólogos saben que, para obtener un éxito duradero en el aprendizaje, los procesos y circunstancias en que se realiza deben cumplir un elenco de condiciones:

- plantear un reto asequible y razonable;
- no desfallecer en el esfuerzo por alcanzar una meta o resolver un problema;
- no poner impedimentos ni al afán de saber ni a la curiosidad y dejar que el niño siga su propio sistema de aprendizaje;

El aprendizaje escolar se realiza siguiendo las mismas reglas que el aprendizaje natural

- repetir muchas veces las oportunidades de aprender y los ejercicios prácticos para conseguir seguridad y conciencia del éxito;
- plantear exigencias individuales adecuadas al alumno, puesto que exigir demasiado poco provoca aburrimiento y exigir coactivamente demasiado produce un efecto negativo sobre la voluntad de aprender, con fracasos progresivos, incluso hasta llegar a anularla por completo.

En el siglo XVIII, basándose en el estímulo de la curiosidad y el afán de saber, se impuso el éxito de una pedagogía de la actividad espontánea, de la superación de las dificultades por sí mismo y de la eficacia conseguida por el esfuerzo personal. Henning Scheich y Gerhard Hüther, de las uiversidades de Magdeburgo y de Gotinga, respectivamente, reconocen que hasta ahora la neurociencia, en el terreno de la experiencia pedagógica práctica, no ha conseguido nada que no supieran ya los pedagogos competentes y experimentados. Pero hay una diferencia. Ahora, la neurociencia permite explicar por qué tenían razón.

Para no despertar falsas esperanzas ni dar lugar a interpretaciones erróneas, conviene avanzar que los neurocientíficos no pueden dar una respuesta concreta a cuestiones relacionadas con el contenido de la enseñanza, como ¿por qué este proyecto docente resulta divertido para un niño y no para otro? o ¿cómo se despierta el interés del alumno por la lírica de Goethe? Tampoco pueden dar soluciones a cuestiones pedagógicas genuinas: ¿se debe ceder o marcar un límite? o ¿es aconsejable no intervenir y dejar que trascurra la rivalidad entre hermanos?

Debates y controversias entre neurocientíficos y pedagogos sobre problemas de esa índole circunscrita carecen de base objetiva. Antes bien, de lo que se trata es de optimizar el aprendizaje. Ahí reside el núcleo primordial de la neurodidáctica. Lo mejor es que, por norma, el planteamiento de un aprendizaje «acorde con el cerebro» se haga conjuntamente por pedagogos y neurocientíficos. Sin olvidar que corresponde a los pedagogos plantear y resolver los problemas.

¿Qué sabemos sobre el cerebro discente?

Nuestros conocimientos sobre el cerebro que aprende se basan, por un lado, en lo que sabemos de la vida cotidiana y en los métodos pedagógicos para la enseñanza y el aprendizaje; por otro, en los hallazgos empírico-analíticos y experimentales aportados por la neurociencia.

Cuanto más importante, provechosa y agradable sea una información, tanto mejor arraiga en la memoria

- A escala de las neuronas y sus conexiones, ignoramos en qué consiste aprender. Pero sabemos que se desarrolla y cuándo se desarrolla.
- Ignoramos cómo se almacenan informaciones que luego pueden recuperarse. Desconocemos los procesos mediante los cuales esas informaciones se conectan con estructuras sensoriales («representaciones neuronales»).
- Desconocemos cómo tienen lugar las funciones cognitivas superiores (por ejemplo, la formación de conceptos). Algunas premisas son conocidas por la pedagogía y la psicología pedagógica desde hace unos 200 años. Los neuromoduladores no explican cómo se adquiere el concepto de la regla de tres.
- Se ha comprobado experimentalmente que, en determinadas circunstancias, la adquisición de información, y en parte también su procesamiento, puede interrumpirse, dificultarse o favorecerse.
- El aprendizaje natural, sobre todo a través de la imitación, aunque muy lento, suele tener mucho éxito. Lo que se ha aprendido mediante numerosas repeticiones queda inscrito en la memoria a largo plazo y puede recuperarse durante mucho tiempo.
- El cerebro olvida presto detalles que no se presentan en un contexto significativo, excepto aquellos sucesos únicos que justificadamente pueden ser denominados «inolvidables» (una sorpresa, «la primera vez», una lesión, imágenes y patrones) y quedan almacenados durante mucho tiempo porque resultan insustituibles para el reconocimiento y procesamiento de informaciones nuevas.
- El aprendizaje adquirido mediante enseñanza, lo mismo que el natural, es un proceso lento y muy perturbable en lo que respecta al procesamiento de la información y a la generación de significado útil para una consecución de los objetivos.

De lo anterior se infiere que la colaboración de la neurociencia y la pedagogía, al menos por el momento, solo puede aplicarse a procesos elementales de aprendizaje y su optimización. Cuestiones pedagógicas, como un cambio de conducta intencionado, han de considerarse desde la neurociencia básicamente a través de sistemas de motivación y de recompensa.

Aprendizaje eficaz e impulsos neurodidácticos

Las informaciones que llegan al sistema límbico son valoradas allí siguiendo el criterio importante/accesorio, deseable/indeseable, agradable/desagradable, que permite su almacenamiento en la memoria de experiencias emocionales. Si se han de incorporar nuevas informaciones, deben ir asociadas a sentimientos importantes, deseables (útiles) y agradables: «Os va a gustar lo que ahora vais a ver; seguro que os hará pensar». «Premio para quien sepa explicarlo».

La conducta guiada por la curiosidad busca experiencias interesantes; congénita, puede verse frenada por un comportamiento carente de relieve o que no requiera explicación alguna. El abandono de la curiosidad, del gusto por aprender, se evita mediante la exploración espontánea y la adquisición de conocimientos por iniciativa propia: «Trabaja un aspecto que te parezca importante de este tema», «Intenta entender cómo llega el agua a la copa de los árboles y dónde se almacena», «¿Para qué necesita el auto un parachoques, para la comodidad del viajero, para la seguridad en el viaje o para ambas cosas?».

Una atmósfera distendida, juego y confianza son premisas importantes para desarrollar la curiosidad y, con ella, la creatividad, sin el estrés por alcanzar un rendimiento, ni el temor al fracaso. «Prueba de otra forma y anota de manera detallada lo que observas». Para la pedagoga Maria Montessori (1870-1952), el juego espontáneo de un niño pequeño es la escena fundamental para entender, pedagógica y psicológicamente, cómo aprende por iniciativa propia. Dejarse llevar por la curiosidad supone tener previamente confianza, no solo no generar temor al fracaso, a las faltas, al desánimo por las consecuencias negativas (notas escolares), sino también reforzar las expectativas de éxito, estimular la búsqueda con perspectivas positivas, despertar la esperanza de alcanzar un premio, fortalecer el amor propio y la convicción de poseer capacidades suficientes. «Puedes decir tranquilamente qué cosas no logras todavía: ¿cómo te puedo ayudar?», «No se puede tener siempre éxito al primer intento», «¡No te desanimes!, ¡Eres capaz de conseguirlo!».

La distensión para la consolidación de la memoria durante el aprendizaje es una medida crítica. Con ello se concede al cerebro tiempo suficiente para almacenar informaciones y entrelazar significados. En una enseñanza frontal o tradicional, centrada en el profesor y en la que todos los cerebros deben funcionar al unísono, no es posible llevar un ritmo óptimo de tensiones y disten-

En principio, los neurocientíficos no pueden dar consejos sobre contenidos. A ellos les incumbe la optimización del aprendizaje

ISTOCK / RANDY PLETT

Para que los alumnos aprendan, los profesores deben plantearles retos cuya superación les resulte divertida y, sobre todo, les aporte la satisfacción del éxito.

siones. Las constantes preguntas del docente suponen un factor distorsionante para el aprendizaje.

La emoción también es importante en la cognición. Mediante el mero impulso electroquímico, el cerebro no puede diferenciar el contenido de su significado, puesto que la información es también su significado. Para que una vivencia se convierta en duradera debe acompañarse de una determinada carga emocional. La participación interior activa de los alumnos en las tareas escolares refuerza su interés y compromiso y se traduce en unos mejores y más persistentes resultados de trabajo y aprendizaje.

La recompensa y la satisfacción hacen que el cerebro funcione tanto mejor cuanto mayor atracción se sienta por aprender. Atracción que se mide por la apreciación del éxito esperado. En general, cuando el propio alumno puede establecer por sí mismo las condiciones para alcanzar el éxito, especialmente teniendo en cuenta las diferencias individuales en habilidades y aprovechamiento escolar, aumenta su afán por aprender y su motivación.

La satisfacción por haber conseguido determinado objetivo deja inalterado el sistema de recompensa propio del cerebro. En consecuencia, la máxima garantía de éxito será una pedagogía de la diversión de base neurodidáctica: hacer frente a un reto con un rendimiento que dará lugar a una satisfactoria vivencia del éxito.

El cerebro sigue diversos procedimientos para ordenar los contenidos de la memoria: la memoria declarativa para los hechos, la semántica para los significados, la procedimental para las secuencias y habilidades rutinarias, la emocional para los sentimientos. Todas ellas forman un conjunto funcional; se influyen mutuamente. Enseñar, en el sentido de dirigir el aprendizaje, debe activar el funcionamiento armónico de todas las formas de memoria; los hechos son llevados a un contexto de significados y a una secuencia histórica significativa con carga emocional. A la historia se le ha de dar un «rostro»; emperador y Papa («Canossa»); genocidio («Bartolomé de Las Casas frente a Carlos V»); Reforma («Lutero en Worms»); resistencia pacífica («Mahatma Gandhi»); rebelión de las conciencias («La rosa blanca»); holocausto («Anna Frank»).

La percepción y creación de patrones suponen una forma de percepción y recuerdo de conjuntos y sus com-

Los alumnos aprenden contenidos nuevos con éxito si los pueden asociar a informaciones ya sabidas

ponentes, así como del ensamblaje reglado de estos para formar otros conjuntos (incluso nuevos) llenos de significado. Los niños aprenden la lengua materna a través del oído y la imitación de sonidos, al tiempo que su cerebro va generando las reglas gramaticales en que se basa dicha lengua.

Para conseguir unos procesos permanentes de participación y apropiación, lo mejor es ofrecer patrones (esquemas): «Francia es un hexágono», «Sicilia es un triángulo», «Italia es una bota». Para una enseñanza y un aprendizaje más profundos, hay que recurrir a la diferenciación y generalización de muestras o conceptos. De ese modo, significados dispares del conocimiento resultan accesibles a distintas representaciones neuronales, evitando cargarse con «conocimientos inertes». El estímulo intelectual, por ejemplo mediante juegos de palabras, se basa en el reto de anticipar con éxito determinados patrones útiles para posibles secuencias en nuevas constelaciones, partiendo de constelaciones figurativas preexistentes.

La actuación comunicativa y la potenciación del rendimiento del alumno en clase se condicionan mutuamente. Una persona joven no solo es «inteligencia» ni solo «cerebro». Para su vida y supervivencia resultan indispensables aprender y mantener relaciones socio-emocionales. La pedagogía reformada parte de la soledad del alumno inmerso en el orden establecido. Mediante la consecución de rendimientos se ha de llegar a la cooperación en un aprendizaje en grupos que aumente la satisfacción y, con ello, la disposición y capacidad de rendimiento.

En consecuencia, el estímulo de las relaciones debe convertirse en núcleo fundamental de la enseñanza. El aislamiento y la carencia de atenciones, en cuanto anomalías psíquicas, son registradas por el cerebro humano igual que si se tratara del dolor físico. Cuando no se recibe atención, se paraliza el sistema de motivación y aumenta el potencial agresivo: asoman los problemas que atenazan a las escuelas con clases abigarradas (demasiados alumnos a los que no se les presta suficiente atención) y se impone un sistema selectivo de ganadores y perdedores basado en calificaciones a desanimados alumnos atornillados en sus sillas.

Perspectivas de futuro

Las premisas y procesos para un aprendizaje exitoso son las mismas se trate de un aprendizaje natural o de un aprendizaje escolar. La psicopedagogía del proceso enseñanza-aprendizaje escolar no necesita insistir en la importancia de ese descubrimiento de la neurociencia. En adelante, habrá que tener en cuenta que la capacidad y la voluntad de aprender de los niños y jóvenes son muy diferentes durante y después de la pubertad. Los psicólogos y pedagogos del desarrollo deben plantearse los siguientes hechos demostrados por la neurociencia y contribuir a explicarlos:

- De qué modo opera la reestructuración del cerebro en la pubertad.
- Posibilidad de que, sin una dirección docente, las facultades cognitivas superiores (explicación y comprensión) den lugar a un pensamiento articulado y comprensivo.
- Relaciones sociales necesarias para la interdependencia entre emoción y cognición.

Es evidente que las estructuras y procesos habituales del aprendizaje escolar y las formas allí aplicadas para la consecución y valoración del rendimiento contradicen planteamientos básicos de la neurociencia. Tales prácticas, sin conocer los neurotransmisores, se realizan con éxito desde hace ya un siglo basándose en «procedimientos plásticos» (en sentido figurado), como es la meticulosa observación de los alumnos. Neurocientíficos y pedagogos deben trabajar conjuntamente no solo en el laboratorio pedagógico, sino también, y sobre todo, en el quehacer docente diario: juegos de arena y rincón de lectura, ordenador y dramatizaciones, coro y teatro, laboratorio y talleres, enseñanza magistral, trabajo libre y deberes para casa. Ahí es donde debe centrarse la futura investigación educativa conjunta.

Los pedagogos deben estimular y escenificar qué es lo que el cerebro ha de poner en marcha. Junto con los neurocientíficos, cada uno con sus métodos y planteamientos, pueden comprobar si ha funcionado o no determinada actuación: uno observa los procesos que ocurren en el cerebro, el otro investiga cómo aprenden los niños. Solo a través de la colaboración de ambos podremos seguir descifrando los misterios del aprendizaje y del pensamiento. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 44

PARA SABER MÁS

Bedienungsanleitung für ein menschliches Gehirn. G. Hüther. Vandenhoeck & Ruprecht, Gotinga, 2002.

Lernen. Gehirnvorschung und die Schule des Lebens. M. Spitzer. Spektrum Akademischer Verlag; Heidelberg y Berlín, 2002.

Fühlen, Denken, Handeln. Wie das Gehirn unser Verhalten steuert. G. Roth. Suhrkamp, Frankfurt/M., 2003.

Warum ich fühle, was du fühlst. Intuitive Kommunikation und das Geheimnis der Spiegelneurone. J. Bauer, Hoffmann & Campe, Hamburgo, 2006.

Prinzip Menschlichkeit. Warum wir von Natur aus kooperieren. Joachim Bauer. Hoffmann & Campe, Hamburgo, 2006.

Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen. Dirigido por U. Herrmann. Beltz, Weinheim, 2006.

Lob der Schule. Sieben Perpektiven für die Schüler, Lehrer und Eltern. J. Bauer. Hoffmann & Campe, Hamburgo, 2007.

Das Gedächtnis des Körpers. Wie Beziehungen und Lebensstille unsere Gene steuern. J. Bauer. Piper, Múnich y Zúrich, 2007.

SISTEMA EDUCATIVO Desde hace algunos años, los neurocientíficos se vienen introduciendo en el mundo de la pedagogía con la crítica manifiesta de muchos profesionales de las ciencias de la educación. ¿Qué puede y qué no puede aportar la neurociencia al aprendizaje?

La neurodidáctica a examen

NIKOLAS WESTERHOFF

La neurociencia vendría a ser para el aprendizaje tan importante como la fisiología de los músculos y articulaciones para el deporte. Lo afirma Manfred Spitzer, psiquiatra de la Universidad de Ulm y prestigioso defensor de la neurodidáctica. Spitzer está convencido de que los profesores, cual entrenadores, deben mantener en forma el cerebro. El gimnasio donde trabajan se llama escuela. Pero, por desgracia, los docentes suelen tener escasos conocimientos del encéfalo a entrenar. Henning Scheich, del Instituto Leibnitz de Neurobiología en Magdeburgo, agrega que quien no entiende cómo funciona el cerebro «no tiene ni idea de qué método hay que utilizar para que los niños aprendan mejor». Para los neurodidactas, tal parece, los pedagogos necesitarían aumentar sus conocimientos neurobiológicos y así desempeñar mejor su tarea docente.

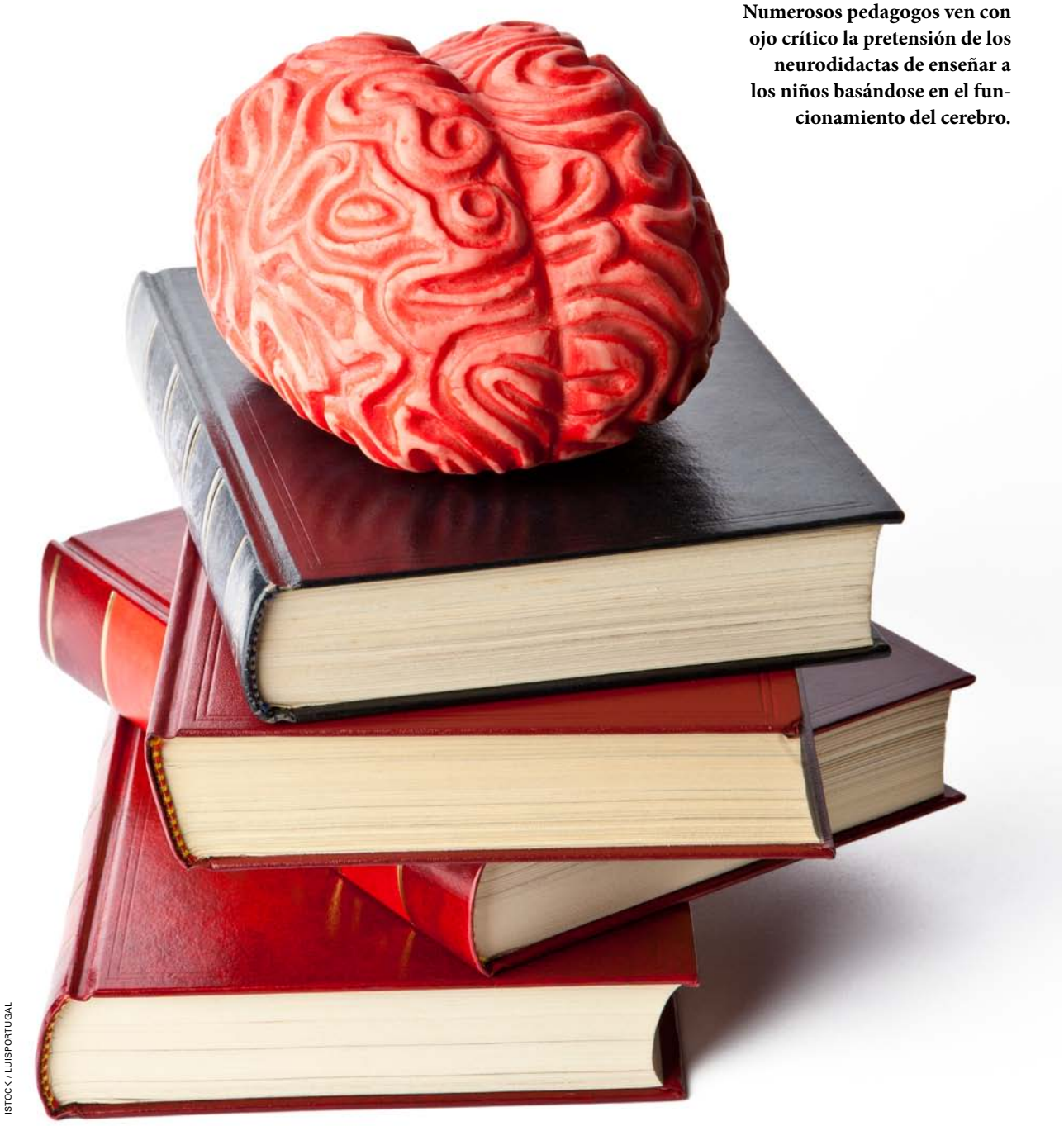
EL AUTOR

Nikolas Westerhoff es psicólogo y periodista científico.

Los métodos didácticos de los pedagogos deberían buscar una mayor radicación en las ciencias naturales de lo mostrado hasta ahora. Spitzer y sus colaboradores no son los únicos en plantear esta exigencia. La Organización para la Colaboración Económica y el Desarrollo (OCED) considera que la neurociencia ha de prestar un importante servicio a la pedagogía; con ese fin, se apresta a promover la colaboración entre pedagogos y neurocientíficos.

Hace ya 20 años, Gehard Preiss, especialista en didáctica de las matemáticas, propugnaba una pedagogía de base neurológica y dio nombre a una nueva disciplina: la neurodidáctica. «Esta disciplina parte de la capacidad de aprendizaje de la especie humana e intenta encontrar las condiciones para que su desarrollo sea óptimo. La idea clave es la convicción de la existencia de una íntima relación entre la plasticidad del cerebro y la capacidad de aprendizaje. Los resultados de los estudios neurocientíficos permiten investigar dicha relación. La misión de la neurodidáctica sería orientar los conocimientos neurobiológicos hacia la didáctica y aplicarlos al proceso de educación y formación humanas.»

En definitiva, la idea que subyace bajo la neurodidáctica se resume en el postulado siguiente: los niños deben aprender «teniendo en cuenta su cerebro». Sin embargo, son muchos los pedagogos que adoptan una postura



ISTOCK / LUISPORTUGAL

Numerosos pedagogos ven con ojo crítico la pretensión de los neurodidactas de enseñar a los niños basándose en el funcionamiento del cerebro.

En síntesis: ¿La neurociencia crea escuela?

1 Hace 20 años, el experto en didáctica Gerhard Preiss propuso una nueva disciplina: la neurodidáctica. Reclama la aplicación de los conocimientos neurobiológicos a la enseñanza escolar.

2 Según los neurocientíficos, los conocimientos de su disciplina deben ayudar a conseguir unas condiciones óptimas para mejorar la enseñanza escolar.

3 Muchos pedagogos se muestran escépticos ante tales postulados. Temen que los neurodidactas quieran, basándose en experimentos de laboratorio, prescribir recetas pedagógicas considerándose a sí mismos como los «mejores pedagogos».

ISTOCK / B. TRENKEL

La tesis central de los neurodidactas reza: aprender produce alegría, siempre y cuando el niño contribuya a decidir qué es lo que aprende.

crítica frente a la «cerebrización» de su disciplina. En opinión de Nicole Becker, de la Universidad de Tubinga, «las neuronas no tienen voluntad». Las moléculas no pueden interesarse por nada, ni es el sistema límbico quien tiene miedo ante un examen». Sino el individuo.

Por otra parte, muchos pedagogos parecen estar hoy muy desilusionados con la optimización de las medidas educativas (*véase el recuadro* «Pedagogía: una disciplina en crisis»). Reiteran, desde hace decenios, que la educación no puede «medirse» científicamente. Si así fuera, resultaría del todo imposible evaluar cuantitativamente procesos educativos tales como el aprendizaje, con independencia de que se apliquen los métodos de la neurociencia o cualquier otro.

Con todo, los neurodidactas están convencidos de que los procesos de enseñanza y aprendizaje pueden mejorarse. En línea con lo expuesto por Spitzer, sin la ciencia pueden darse buenos consejos y adquirir buena experiencia, pero solo con ella puede llegarse a conocimientos ciertos.

Idea en la que abunda Becker: «En algunos campos pedagógicos es sensato aplicar métodos neurocientíficos». De este modo, mediante la utilización de escáneres cerebrales, es posible demostrar que la capacidad lingüística de los alumnos se ve alterada cuando hay dificultades para la lectura. En los niños hiperactivos pueden demostrarse también determinadas alteraciones en la función cerebral. «En este terreno se dispone ya de datos que hubiera sido imposible recabar con los procedimientos diagnósticos tradicionales», afirma Becker.

¿Qué puede aportar de novedoso la neurodidáctica? Repasemos detenidamente los cinco argumentos principales que aducen sus críticos.

Punto crítico 1: Todo ya conocido

Los conocimientos neurobiológicos sobre las condiciones de enseñanza y aprendizaje no aportan nada nuevo sobre lo que sabemos ya a través de la investigación pedagógica. De esa opinión participa Elsbeth Stern, de la Escuela Técnica Superior de Zúrich. En 2004, ante la cuestión «¿Cuánto cerebro necesita la escuela?», respondía lapidariamente: «No necesitamos ninguna teoría nueva. Las tenemos ya». Hasta el presente, indica, los neurodidactas no han presentado ningún resultado que obligue a los pedagogos a modificar sus métodos de enseñanza. Un rápido vistazo a la historia de la pedagogía pone de manifiesto que nunca han faltado teorías ni proyectos bienintencionados.

En 1502, el humanista Erasmo de Rotterdam (1465-1536) abogaba por una nueva escuela pedagógica. Creía que los maestros de su tiempo complicaban innecesariamente la materia impartida. En su opinión, no habría que sobrecargar de contenidos a los alumnos; en ocasiones, menos es mejor. Y, además, solo quien aprende sin miedo aprende con éxito.

Medio milenio después, en 2008, los neurodidactas insisten en lo mismo. Se ha de separar lo importante de lo accesorio. El miedo dificulta el aprendizaje. Lo sabía Erasmo, a pesar de no disponer de ninguna tomografía computarizada en su despacho.

En 1762, el filósofo Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) observó que los niños son por naturaleza curiosos y ávidos de adquirir conocimientos. Lo mejor para que aprendan es enfrentarles con problemas concretos extraídos de su mundo de experiencias: «la Naturaleza quiere que los niños sean niños antes de convertirse en adultos. Si alteramos ese orden generamos frutos prematuramente maduros, que no tienen zumo ni fuerza y se pudren pronto; creamos doctores jóvenes y niños viejos.

«Solo mediante la ciencia se puede deducir de las opiniones y experiencias un conocimiento seguro»

Manfred Spitzer, Universidad de Ulm

La infancia tiene sus propias formas de ver, pensar y sentir».

Rousseau se inclinaba a favor de una educación adecuada al nivel de desarrollo y con ello implícitamente adecuada también al cerebro. Del mismo modo que los actuales neurodidactas se quejan de que los docentes no conocen su instrumento de trabajo, Rousseau ya reprobaba a los pedagogos su incompetencia: «Resulta extraño —escribe— que desde que el ser humano se ocupa de la educación de los niños, no haya imaginado otros instrumentos para conducirlos que el afán de competición, la envidia, la vanidad, las ansias posesivas o la cobardía; es decir, son las tendencias más peligrosas las que con mayor rapidez se desarrollan, y las que con más facilidad estropean el alma antes de que madure el cuerpo».

Puede que desde el siglo XVIII, el lenguaje científico se haya vuelto más prosaico. Sin embargo, muchos mensajes de los neurodidactas parecen surgir directamente de la pluma de Rousseau. Cuando, por ejemplo, en el proyecto formativo «Nelecom», dirigido por Gerald Hüther, neurobiólogo de Gotinga, se propone a los niños a jugar con piezas de arquitectura para que aprendan a ejercitarse con las matemáticas, ¿no se les está ofreciendo una enseñanza basada en la experiencia como la entendía Rousseau?

También el pedagogo Johann Heinrich Pestalozzi (1726-1827) se pronunció contra todo «apresuramiento» en la enseñanza. Consideró peligroso sobrecargar al alumno. La enseñanza se realiza «cara a cara, de corazón a corazón». Supone un diálogo didáctico entre el profesor y el alumno. Y aún más: supone una mutua confianza basada en la sintonía espiritual. Según Pestalozzi, el docente debe tener paciencia hasta que el alumno «haya observado cada objeto desde todos los puntos de vista y en diversas circunstancias». Traducido a nuestros días, la enseñanza es como un viaje de aventuras en el que han de participar todos los sentidos.

Finalmente Gerhard Klein, profesor de pedagogía especial en la Escuela Superior de Reutlingen, llega a la conclusión de que los pedagogos de la escuela de Montessori y los neurodidactas postulan los mismos objetivos educativos. Unos y otros comparten las mismas empresas pedagógicas, entre las que se cuentan la iniciativa propia, motivación intrínseca y búsqueda por el propio niño de los objetos docentes más apropiados.

En resumen, los postulados neurodidácticos sobre el aprendizaje humano no son tesis revolucionarias. Para sus críticos, los neurocientíficos están vendiendo vino viejo en odres nuevos.

Punto crítico 2: Carece de relevancia práctica

Una cosa son los conocimientos seguros que tenemos acerca del cerebro y otra cosa que tales conocimientos alcancen una aplicación pedagógica. Eso es lo que falla, declaran los escépticos de la neurodidáctica. Dominik Gyseler, pedagogo de la Escuela Técnica Superior de Zúrich, expone que, si bien los hallazgos de los neurocientíficos pueden ser correctos, desde el punto de vista pedagógico resultan triviales. Para un maestro no tiene importancia si el miedo o la alegría son provechosos en clase. Sencillamente, eso no forma parte de los conocimientos que hoy se requieren para la práctica pedagógica.

Los cinco pilares fundamentales de la neurodidáctica

Hasta ahora, se han confirmado experimentalmente los siguientes cinco hallazgos básicos:

1. Aprender es divertido. Este enunciado es cierto en el supuesto de que el alumno decida por sí mismo qué es lo que quiere aprender. Si un niño resuelve por iniciativa propia un problema difícil, el éxito le proporciona una sensación de felicidad que se acompaña de un aumento de la secreción del neurotransmisor dopamina.

2. Con frecuencia, el aprendizaje se realiza de forma espontánea. Andar, hablar, reír. Son habilidades que el niño adquiere jugando y sin ninguna sistemática, es decir, sin una instrucción dirigida. Este aprendizaje no se puede obstaculizar ni siquiera con la peor pedagogía. Los mecanismos neurobiológicos de estos aprendizajes «implícitos» se han estudiado de manera exhaustiva.

3. Los años previos a la pubertad son fases sensibles para el aprendizaje. Cuanto antes se aprenda (a tocar un instrumento o a hablar un idioma extranjero), tanto mejor. Algunas cosas solo se aprenden durante una corta ventana de tiempo que se cierra muy pronto. Otras capacidades, por el contrario, pueden adquirirse durante toda la vida.

4. El aprendizaje es también un proceso emocional. La cognición y la emoción van unidas. Los niños pueden retener mejor contenidos docentes y de conocimientos conservándolos más en la memoria si los asocian a sensaciones positivas. La carga emocional del lugar de aprendizaje influye también en su éxito. Además, cuanto mayor sea la relación de la materia que se aprende con la realidad vivida por el niño, tanto más carga emocional encierra y tanto mejor se procesa.

5. Un ambiente pobre en estímulos dificulta el aprendizaje. Por el contrario, un ambiente rico en estímulos sensoriales actúa como estimulante. Los niños pueden retener con más facilidad las informaciones que les llegan por varios canales sensoriales.

«Los hallazgos de los neurocientíficos serán correctos, pero, desde el punto de vista pedagógico, resultan triviales»

Dominik Gyseler, Escuela Técnica Superior de Zúrich

También Becker cree que los hallazgos de la neurología son poco relevantes en la práctica: «Lo que han podido decir hasta ahora las ciencias neurológicas cognitivas sobre el cerebro humano a propósito del aprendizaje», subraya, «se refiere a procesos de aprendizaje sencillos. Mediante técnicas de imagen se puede comprobar la actividad cerebral durante la resolución de problemas elementales. Sin embargo, tales estudios no tienen nada que ver con los procesos de enseñanza y aprendizaje escolar». Parece que los neurodidactas se esfuerzan en adquirir unos conocimientos de los que los pedagogos pueden prescindir sin más.

Incluso el archirreiterado lema neurodidáctico —el cerebro aprende— no supone ninguna ayuda automática. Tal mantra suele referirse a procesos de aprendizaje implícitos que no requieren instrucción. El hecho de que las personas quieran aprender a andar y a hablar no significa ni mucho menos que también quieran aprender la conjugación de los verbos franceses o cómo se calcula el gasto calórico de un perro durante el sueño.

Punto crítico 3: Conclusiones contrarias inadmisibles

Los neurodidactas pasan por alto el hecho de que las condiciones ambientales determinan el funcionamiento del cerebro. A favor de ello hablan ciertos hallazgos. William Greenough, de la Universidad de Illinois, demostró que los roedores que crecen en un ambiente estimulante desarrollan más sinapsis en determinadas áreas del cerebro que individuos de la misma especie que crecen en ambientes más «deprimidos», carentes de estímulos. Aunque el descubrimiento en cuestión es inobjetable, sí cabe dudar de las conclusiones pedagógicas que se puedan sacar; por ejemplo, los niños pequeños se desarrollan mejor y más rápidamente si crecen en un ambiente estimulante.

En opinión de John T. Bruer, de la Universidad de Washington en San Luis, los neurodidactas hacen un uso abusivo del hallazgo. Examinado con rigor, lo único que se ha demostrado es que un ambiente pobre en estímulos dificulta el desarrollo. Muchos estudios, como los de Carla Shatz, de la Universidad Harvard en Boston, demuestran que los niños necesitan solo unos estímulos mínimos para desarrollarse de acuerdo con su edad. Si se deja a un lactante durante mucho tiempo acostado en la cama, le resultará más difícil adquirir capacidades motoras.

Partiendo de estas observaciones, algunos propugnan facilitar a los niños un ambiente rico en estímulos para potenciar su desarrollo. Sin embargo, recientes estudios no demuestran en absoluto que esta estimulación sirva para nada. Greenough insiste en que mediante la experimentación animal no se puede deducir en qué fase de la vida el cerebro infantil resulta más influenciable.

Punto crítico 4: Las emociones no suponen un estímulo automático para el aprendizaje

Según un principio fundamental de la neurociencia, existe una íntima relación entre el aprendizaje y el placer. En opinión de los neurodidactas, la adquisición de conocimientos constituye un proceso a la vez cognitivo y

FOTOLIA / INDIGO FISH (*ratón*); FOTOLIA / LEAH-ANNE THOMPSON (*niño*)

Los resultados de estudios llevados a cabo con ratas, según los cuales un ambiente rico en estímulos cambiantes fomenta el desarrollo cerebral, no pueden trasladarse sin más a los humanos. Lo que sí está claro es que los niños no deben crecer en un ambiente desprovisto de estímulos.

emocional. Cuanto más positivas sean las emociones que desencadena el aprendizaje, con mayor facilidad se almacenarán en la memoria. Los acontecimientos que llevan consigo un gran componente emocional quedan grabados antes que los emocionalmente neutros. Por eso retenemos mejor episodios conmovedores de amor o de guerra protagonizados por emperadores o reyes que las aburridas fechas que marcaron sus respectivas vidas y muertes. «Todo aquello que cause placer al ser aprendido supone un refuerzo para la memoria», escribió ya hace más de 300 años Johann Amos Comenius (1592-1670) en su *Didactica Magna*.

Los primeros conceptos de los neurodidactas portaban un fuerte componente cognitivo-psicológico; las emociones apenas se tomaban en consideración. Mas, desde los años noventa del siglo pasado, los psicólogos vienen insistiendo en la influencia de las emociones sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Desde entonces se han realizado numerosos estudios en los que se investiga si el nivel de estimulación emocional ejerce un efecto positivo sobre la memoria. Los psicólogos suelen recurrir en tales trabajos a ristras de palabras o sílabas sin sentido con objeto de que los conocimientos así adquiridos no puedan relacionarse sin más con el complejo aprendizaje adquirido en la escuela.

En 1996, Thomas Goeschke, profesor de psicología general en la Universidad Técnica de Dresde, resumía el estado actual de dichas investigaciones: «Los estudios sobre la memoria autobiográfica hablan a favor de que las vivencias con fuerte carga emocional, tanto positiva como negativa, así como las circunstancias en las que tuvieron lugar los sucesos que causaron tales impresiones, se conservan durante más tiempo que los sucesos emo-

FOTOLIA / WOJCIECH GAJDA

¿Es verdad que cuanto antes se aprenda mejor? No puede tomarse este principio como válido en todos los casos. El ejemplo de la adquisición del lenguaje lo demuestra. Las fases sensibles para el desarrollo de la fonética, la gramática y la semántica son diferentes.

Pedagogía: una disciplina en crisis

En ocasiones, da la impresión de que los pedagogos han capitulado y que se ha soslayado todo su campo de actuación. En los últimos cien años, lo han probado todo. En vano. En 1997, Ewald Terhart, de la Universidad de Münster, hizo su propio balance: enseñanza frontal o abierta, trabajo en grupo o proyectivo; ningún concepto didáctico ha cristalizado para tomarlo por universalmente válido. «Si se considera el rendimiento docente cuantificable en los alumnos como criterio de eficiencia, no existe ningún método que pueda considerarse mejor que los demás.»

Thomas Bürger, de la Universidad de Giessen, opina también que en los métodos tradicionales hay aspectos positivos y negativos, todo es relativo y relativizable. Si los propios didácticos no son capaces de establecer preferencias, los profesores en ejercicio se preguntan cómo han de valorar lo que dicen algunos didácticos.

El problema básico es el siguiente: los objetivos pedagógicos son fáciles de formular y difíciles de realizar; las divergencias están en el cómo, no en el qué. Los alumnos han de aprender a pensar críticamente y a actuar de forma autónoma. Hemos de despertar su curiosidad por el teorema de Pitágoras y tolerancia por las culturas indias, que actúen con honradez, diligencia y amor al prójimo. Cierto que es fácil enumerar los objetivos. Y que el camino a seguir para alcanzarlos no está claro. A este respecto, los avances en las neurociencias no han supuesto ningún cambio.

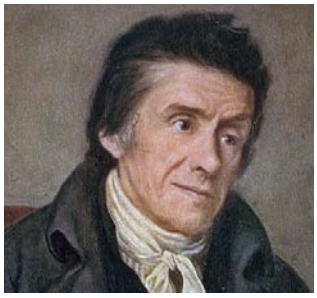
Otto Speck, profesor emérito de Pedagogía Terapéutica de la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich, afirma: «El planteamiento de algunos neurocientíficos, de que los profesores debieran estar mejor formados y limitarse a prestar atención a los principios pedagógicos y neurobiológicos por todos conocidos para que, de este modo, la enseñanza sea un éxito, no se corresponde con un conocimiento riguroso de la situación escolar en nuestros días.»

Todo profesor sabe, sin necesidad de leerse un libro de neurobiología, que el alumno debe sentirse motivado. ¿Cómo se puede estimular a un escolar apático? ¿De qué modo podemos acercar a su vida contenidos docentes que solo remotamente están relacionados con la realidad? Para estas preguntas, los pedagogos tienen tan pocas respuestas como los neurobiólogos.

Pioneros en la lucha por la pedagogía moderna

Erasmo de Rotterdam (1465-1536) recomendaba a los maestros que no sobrecargaran de materias a los alumnos. En ocasiones menos es mejor. Y ya sabía que aprendiendo sin miedo se tiene más éxito.

Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) señaló que los niños, por naturaleza, son curiosos y ávidos de saber. Propugnó un desarrollo e, implícitamente, una educación acorde con el cerebro.



Johann Heinrich Pestalozzi (1726-1827) abogaba por una docencia «cara a cara y de corazón a corazón».

cionalmente neutros. Por otra parte, hay pocos datos que demuestren que las vivencias positivas se conserven mejor que las negativas. En todo caso, eso parece depender de las estrategias defensivas individuales».

No se halla demostrado, pues, que un estado de ánimo positivo estimule el aprendizaje. La realidad docente es mucho más compleja que un experimento de laboratorio. Incluso en estos estudios se requiere un gran esfuerzo para recabar datos cuantitativos sobre la influencia del estado emocional. Además, los neurocientíficos hablan en términos muy generales del estímulo emocional, sin aclarar qué tipo de emociones son las que desempeñan aquí una función importante.

Otra cuestión muy diferente es el mecanismo por el cual una emoción positiva puede actuar sobre los escolares. Con otras palabras, qué relación puede haber entre la discusión sobre curvas, las palabras latinas o el cálculo con quebrados y el estado de ánimo.

De cualquier modo, desde que Goschke presentó su resumen, las investigaciones no se han detenido. En 2002, Florin Dolcos, de la Universidad de Alberta en Edmonton, publicó la demostración de que la capacidad de retener imágenes en la memoria es mayor si tales imágenes van cargadas de emociones que sí son neutras. Dos años más tarde, Dolcos y sus colaboradores detallaron el modo en que los estímulos emocionales y neurológicos activan la amígdala y el lóbulo medial temporal, que es donde radica el sistema de la memoria. También esto demuestra que el componente emocional desencadena una activación más intensa.

Una vez más, insistamos en que no se pueden, a partir de tales hallazgos, deducir recomendaciones pedagógicas concretas, si bien se ha de reconocer que los neurólogos tienen el mérito de habernos enseñado que hoy ya no entendemos el aprendizaje como un proceso meramente cognitivo, sino también emocional.

Punto crítico 5: Las fases del aprendizaje no presentan una validez general

Por todas partes se habla de estimular precozmente a los niños. Hay padres inquietos que interpretan para sus bebés sonatas de Mozart o los llevan a los tres años a un curso de chino. Se fundan en la idea de una justificación neurobiológica. Pasko Rakic, de la Universidad de Yale, y Peter Huttenlocher, de la Universidad de Chicago, han demostrado los cambios masivos que experimenta el sistema nervioso central humano durante los primeros años de vida. En muy poco tiempo, en el cerebro del niño pequeño se establecen miles de millones de sinapsis, o contactos entre las neuronas. Según Huttenlocher, la densidad de sinapsis alcanza su punto máximo a la edad de tres años, al menos en la corteza prefrontal, sede de las funciones psíquicas superiores.

Los neurodidactas creen que se ha de aprovechar esa fase crítica del desarrollo. Becker, por el contrario, opina que «es falsa la idea de que hay una única ventana temporal para aprender a leer, escribir, calcular o aprender música, que se cierra definitivamente en un momento dado. En todo caso, puede concretarse una determinada época crítica para el aprendizaje de cada materia. Para el

«Es falsa la idea de que hay una sola ventana de tiempo para el aprendizaje de la lectura, la escritura, el cálculo o la música que se cierra definitivamente en un determinado momento»

Nicole Becker, Universidad de Tubinga

aprendizaje de los matices del significado de palabras y frases inglesas, el aprendizaje persiste abierto a lo largo de la vida. Por el contrario, las posibilidades de aprendizaje de habilidades motoras se agotan de forma bastante rápida en los primeros años de vida.

Así pues, como regla general, la creencia de que cuanto antes es mejor, no se corresponde con la realidad como se demuestra, por ejemplo, con la adquisición del lenguaje. Este proceso se compone de una serie de actividades parciales: imitación de los sonidos de un idioma pronunciados sin acento alguno, formación de frases gramaticalmente correctas, reconocimiento del significado de las palabras. La fonética, la gramática y la semántica tienen cada una sus particulares fases críticas.

Como confirman los estudios de Patricia Kuhl, de la Universidad de Washington, para poder hablar un idioma sin acento resultan de particular importancia los primeros seis meses de vida. Según el psicólogo del lenguaje James Flege, de la Universidad de Alabama en Birmingham, la capacidad fonética empieza a disminuir cumplidos los dos años. Solo en muy pocos casos se consigue hablar sin acento un idioma extranjero aprendido a partir de los 14 años.

Un famoso ejemplo es el de los hermanos Kissinger. Henry Kissinger, secretario de Estado de Estados Unidos, emigró allí, desde Alemania, a los 12 años. Habla perfectamente inglés, pero no ha podido evitar su acento alemán. Su hermano Walter, que emigró junto con Henry y es dos años más joven, habla un inglés sin ningún tipo de acento. «No se puede afirmar que la ventana fonética se cierra definitivamente a determinada edad. Existen enormes variaciones individuales», reconoce Becker.

En cambio, el vocabulario de una persona crece sin cesar. Un niño de seis años conoce por término medio unas 13.000 palabras; un escolar llega a las 60.000. Algunas personas van aumentando su repertorio hasta una edad avanzada y alcanzan sin problemas un léxico de 150.000 palabras. Basándose en estudios electroencefalográficos, Helen J. Neuville, de la Universidad de Oregon en Eugene, demostró que el procesamiento semántico de conceptos se manifiesta en trazados típicos de la actividad eléctrica cerebral independientes de la edad.

Aspectos neurobiológicos del aprendizaje de idiomas extranjeros

Para la adquisición de la gramática existe una ventana temporal que, según Elissa L. Newport, de la Universidad de Rochester, va cerrándose progresivamente hasta los 15 años. Esta psicolingüista ha analizado las capacidades gramaticales de chinos y coreanos que llevan viviendo más de diez años en Estados Unidos. Comparó los que emigraron antes de los 15 años con los que lo hicieron después.

Neuville observa que la actividad eléctrica cerebral en el procesamiento de la gramática variaba. Al aumentar la edad, aparecía un patrón característico en el área anterior del hemisferio cerebral izquierdo, cerca del lóbulo temporal. Este patrón todavía no se observa en los niños pequeños. Neuville opina que la disminución de sinapsis entre los 8 y los 14 años no supone un impedimento para el aprendizaje; antes bien, con ello aumenta la plasticidad funcional del cerebro. Según Newport, el cerebro aprende óptimamente cuando la arquitectura de las sinapsis se ha estabilizado, es decir, después de los primeros años de vida.

Los críticos de la neurodidáctica consideran aventurado dar consejos didácticos basados en reglas neurobiológicas. A partir de los conocimientos que se tienen sobre la adquisición del lenguaje, resulta imposible deducir un currículum cerebralmente correcto para la enseñanza de idiomas extranjeros. En este sentido, Becker opina que «se trata siempre de prioridades pedagógicas». Lo ilustra con un ejemplo: si un niño aprende primero latín y cuando es mayor, inglés, nunca hablará inglés sin acento pero con el latín habrá adquirido un profundo conocimiento de las estructuras sintácticas.

Becker lleva su crítica a la neurodidáctica hasta el punto de afirmar: «Los pedagogos celebran los mecanismos fisiológicos del aprendizaje que presentan los neurocientíficos, pero rechazan que, basándose en la experimentación animal o en los hallazgos obtenidos mediante técnicas de resonancia magnética funcional, puedan establecer consejos pedagógicos».

Los neurocientíficos insisten en que cada proceso de aprendizaje tiene su momento, indeterminable. Nunca se puede estar seguro de que el alumno esté aprendiendo lo que el maestro le pretende enseñar. Gerhard Roth, de la Universidad de Bremen, afirmaba ya en 2004 que no hay que identificar lo que se enseña con lo que se aprende. Este neurocientífico concluye: «No podemos influir voluntariamente y de forma directa en el éxito del aprendizaje; ni en el nuestro propio ni en el de nuestros alumnos». El cerebro no obedece las leyes de la escuela ni las de sus representantes. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 44

PARA SABER MÁS

Der Mythos der ersten drei Jahre. Warum wir lebenslang lernen. J. T. Bruer. Beltz, Weinheim, 2003.

Interaction between the amygdala and the medial temporal lobe memory system predicts better memory for emotional events. F. Dolcos et al. en *Neuron*, vol. 42, págs. 855-863, 2004.

Die neurowissenschaftliche Herausforderung der Pädagogik. N. Becker. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 2006.

Lernen und Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik. Dirigido por R. Caspary. Herder, Freiburg, 2008.

Hirnforschung und Erziehung. O. Speck. Rinhardt, Múnich, 2008.

NEUROCIENCIA Las últimas investigaciones sobre el cerebro dejan entrever nuevos métodos para mejorar la lectura, la escritura, la aritmética e incluso las destrezas sociales

Técnicas para la estimulación del aprendizaje

GARY STIX

A Lucas Kronmiller, un bebé de ocho meses, acaban de ajustarle sobre su casi monda cabeza un casco con 128 electrodos. Frente a él, un ayudante intenta entretenerle haciendo pompas de jabón. A Lucas se le ve tranquilo y contento. A pesar de todo, hoy no es un día demasiado especial: desde que contaba cuatro meses ha venido en repetidas ocasiones al Laboratorio de Estudios de la Infancia de la Universidad Rutgers. Al igual que han hecho más de mil pequeños durante los últimos quince años, Lucas está ayudando a April A. Benasich y sus colaboradores a averiguar si, ya en edades tempranas, resulta posible determinar si un niño experimentará en el futuro dificultades con el lenguaje.

Benasich pertenece a un grupo de investigadores que tratan de esclarecer los procesos esenciales subyacentes al aprendizaje a partir de los registros de la actividad cerebral. Una ciencia nueva, la neurodidáctica, busca respuestas a cuestiones que siempre han causado perplejidad entre psicólogos y pedagogos.

Los electrodos registran las señales eléctricas del cerebro de Elise Hardwick, de un año de edad. Elise ayuda a los expertos a averiguar la manera en que los niños procesan los sonidos elementales constitutivos del lenguaje.

EL AUTOR

Gary Stix es editor jefe de *Scientific American*.

ANDREW HETHERINGTON

ANDREW HETHERINGTON

¿Qué relación existe entre la destreza de un bebé para procesar sonidos o imágenes y la facultad que ese niño poseerá pocos años después para aprender palabras y letras? ¿Qué conexión guarda la capacidad de atención de un preescolar con su futuro éxito académico? ¿Qué pueden hacer los educadores para fomentar las habilidades sociales entre los más pequeños? Las respuestas a estas preguntas servirán para completar los avances logrados tras años de investigación en psicología y ciencias de la educación. Pero, además, un enfoque basado en la neurociencia debería ofrecer nuevas ideas para mejorar desde la infancia el aprendizaje de tareas como la lectura, la escritura, la aritmética o la adaptación a la compleja red social que constituyen la etapa preescolar y la escuela primaria. Si gran parte de estos estudios se centran en los primeros años de vida, se debe a que es a edades tempranas cuando el cerebro exhibe una mayor capacidad de cambio.

¡Eureka!

Benasich estudia la manera en que el cerebro de los niños muy pequeños percibe el sonido, un proceso cognitivo fundamental para la comprensión del lenguaje, que, a su vez, resulta básico para la lectura y la escritura. Esta investigadora, una antigua enfermera que ahora cuenta con dos doctorados, se centra en el estudio de lo que ella denomina *instante eureka*: una transición brusca en la actividad eléctrica del cerebro que indica que acaba de percatarse de algo.

En el laboratorio de Benasich, a Lucas y otros niños se les presentan tonos de frecuencia y duración determinadas y se registran las variaciones en las señales cerebrales cuando oyen una frecuencia diferente. En general, un electroencefalograma exhibe un valle como respuesta al cambio, lo que indica que el cerebro ha reconocido algo nuevo. Una demora en el tiempo de reacción a una variación de tono es señal de que el cerebro no la ha detectado con suficiente rapidez. Se ha demostrado que una respuesta cerebral perezosa a la edad de seis meses puede predecir dificultades en el habla entre los tres y los cinco años. Si las diferencias persisten durante los primeros años o en la etapa preescolar, pueden apuntar a problemas en el desarrollo de los procesos cerebrales que ocurren durante la percepción de las unidades básicas del habla. Si un niño de uno o dos años no alcanza a oír o a procesar con suficiente rapidez ciertas componentes del discurso —un «pa» o un «da»—, puede rezagarse en la «elocución mental» de letras o sílabas, lo que redundaría más tarde en dificultades para leer con fluidez. Estos hallazgos confirman otras investigaciones previas de Benasich, las cuales mostraban que los niños que sufrían dificultades tempranas para procesar estos sonidos obtenían, ocho o nueve años después, peores resultados en test psicológicos sobre el lenguaje.

Si ya desde la infancia resulta posible detectar problemas futuros en el habla, quizás estos podrían remediarse si se aprovechase la plasticidad inherente a todo cerebro en desarrollo. En ese caso, también debería ser posible mejorar las capacidades de un niño normal. Según Benasich, el momento más favorable para verificar si el cerebro se está organizando de forma óptima para el aprendizaje puede que se sitúe en los primeros meses de vida.

A tal efecto podrían servir los juegos, incluso en la cuna. Benasich y su equipo han diseñado uno que, cada vez que se produce un cambio de tono, enseña a los bebés a volver la cabeza o a desviar la mirada. Cuando el movimiento —que es rastreado por un sensor— es correcto, el niño obtiene como premio unos segundos de vídeo. En un estudio preliminar presentado a finales de 2010, un grupo de quince bebés sanos había conseguido, tras varias semanas de práctica, mejores resultados que un grupo de control. Benasich confía en que sus investigaciones confirmen que el juego puede contribuir a que niños con dificultades para procesar estos sonidos aprendan a responder a ellos con mayor rapidez. Ahora se encuentra negociando con un fabricante de juguetes la fabricación de un móvil para cunas que entrene a los bebés en la percepción de secuencias sonoras rápidas.

Matemáticos desde la cuna

El entrenamiento cerebral precoz puede facilitar también el desarrollo de destrezas matemáticas rudimentarias. Stanislas Dehaene, neurocientífico del Instituto Nacional de la Salud y la Investigación Médica de Francia y experto en cognición numérica, ha intentado desarrollar métodos para ayudar a niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. Los bebés poseen cierta capacidad innata para reconocer números. Cuando tal destreza no se encuentra presente desde el primer momento, un niño puede experimentar más tarde problemas con la aritmética y otras habilidades matemáticas. Ejer-

En síntesis:
Aprendizaje óptimo y precoz

1 La neurociencia ha comenzado a desentrañar los mecanismos más básicos que operan en el cerebro cuando se adquieren nuevos conocimientos.

2 Tales estudios podrían derivar en métodos para que bebés y preescolares mejorasen su capacidad de aprendizaje antes de ingresar en la escuela. También podrían emplearse para paliar diversas discapacidades.

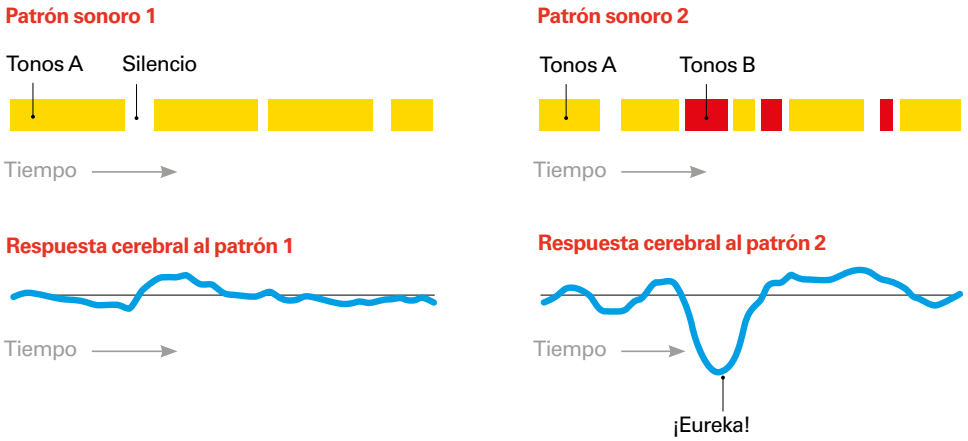
3 No obstante, la neurodidáctica es aún una disciplina incipiente, por lo que se requiere cautela con las promesas de algunos métodos de entrenamiento cerebral.

Entrenar el cerebro para el habla

Científicos de la Universidad Rutgers tratan de averiguar la manera en que el cerebro de un niño responde a ciertos estímulos sonoros (*gráfica superior*). Indagan si un juego que han creado (*debajo*) preparará a los más pequeños para el habla, la lectura y la escritura.

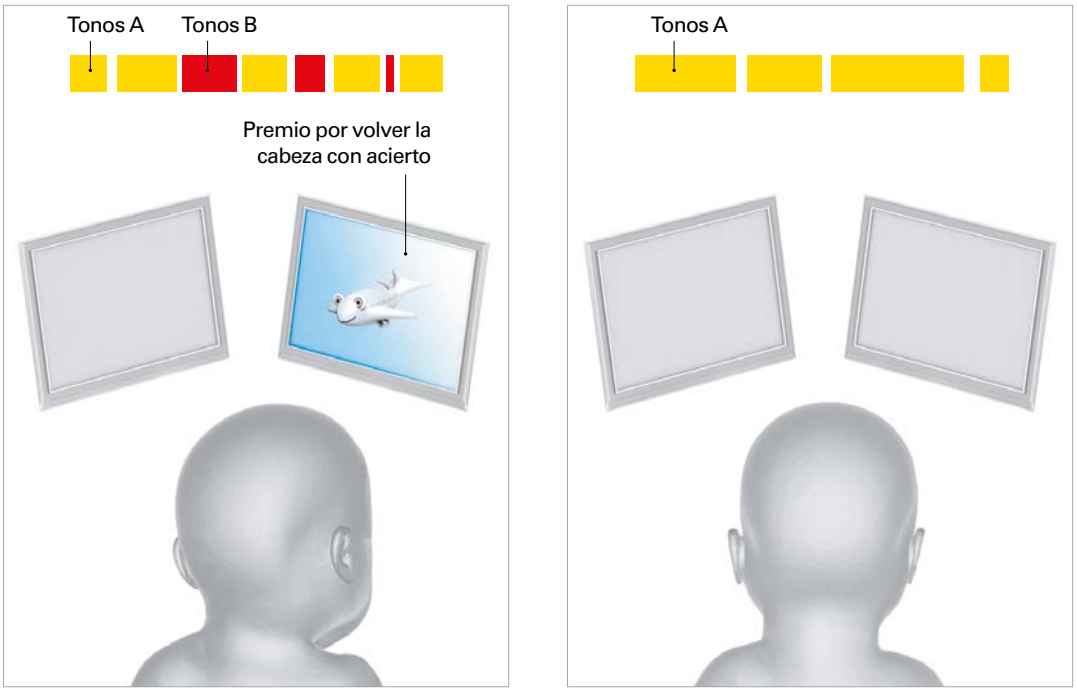
A la espera del «¡eureka!»

En el Laboratorio de Estudios de la Infancia de la Universidad Rutgers se registra la actividad cerebral de los bebés mientras oyen sonidos diferentes. Se les presentan primero tonos de frecuencia elevada (*tonos A*), los cuales provocan una respuesta determinada (*izquierda*). Después, se intercalan tonos de frecuencia distinta (*tonos B*) entre los primeros, lo que induce un desplazamiento momentáneo en las ondas cerebrales (el *instante eureka*), señal de que el cerebro ha detectado el cambio (*derecha*). Una respuesta débil, tardía o nula a esta súbita alteración tonal puede indicar futuros problemas en el habla.



Juego de niños

El equipo de Rutgers ha ideado un método para ayudar a los niños a mejorar el procesamiento de los cambios de tono. El bebé ha de volver la cabeza en respuesta a los tonos B (*izquierda*), pero no así ante los A (*derecha*). Si acierta, se le premia con una escena de vídeo. Poco a poco, el ritmo de las secuencias se acelera. Al final, el niño aprende a responder con éxito a los cambios rápidos.



BRYAN CHRISTIE (*ilustración*); JEN CHRISTIANSEN (*gráficas*); FUENTES: CYNTHIA ROESLER, APRIL A. BENASICH, TERESA REALPE Y NASEEM CHOUDHURY, UNIVERSIDAD RUTGERS

cicios que potenciasen este «sentido para los números», como Dehaene lo llama, podrían evitarle al niño años de dificultades en la escuela.

Esa línea de investigación contradice las teorías de Jean Piaget, quien sostenía que, en lo que respecta al cálculo, el cerebro de un bebé es como una hoja en blanco. Según el psicólogo y epistemólogo suizo, para comprender el concepto de número un niño debía pasar años jugando con bloques, golosinas y otros objetos; solo después lograría entender que, al mover caramelos sobre la mesa, la posición cambia pero el número permanece constante.

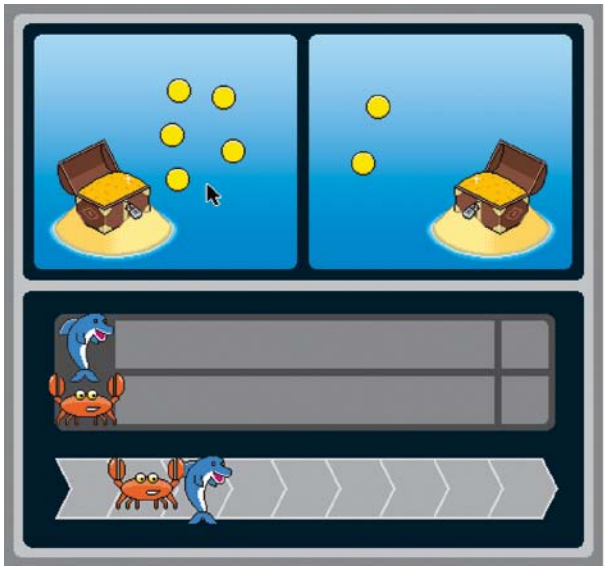
La neurociencia ha demostrado que los humanos y otros animales nacen con una cierta noción numérica básica. Por supuesto que un recién nacido no sabe resolver ecuaciones diferenciales; sin embargo, sí se ha observado que los bebés se decantan de manera rutinaria por la hilera que más golosinas tiene y, también, que niños de apenas unos meses ya captan el significado de tamaño relativo. Si ven a alguien ocultar cinco objetos tras una pantalla y, después, esconder otros cinco, manifiestan sorpresa si, cuando se retira la mampara, aparecen solo cinco objetos. Los bebés parecen poseer otras habilidades matemáticas innatas: no solo se muestran campeones en la estimación a ojo, sino que también logran distinguir números exactos, aunque solo hasta el tres o el cuatro. Las investigaciones de Dehaene han resultado clave a la hora de determinar la importancia del surco intraparietal (región del lóbulo parietal alojada en la zona posterior de la coronilla) en la representación de números y cantidades aproximadas.

Dicha capacidad para estimar el tamaño de un grupo, que existe también en delfines, ratas, palomas, leones y monos, constituye probablemente un legado evolutivo necesario para calibrar si nuestro clan debe huir o enfrentarse a un enemigo, o para decidir de qué árbol cuelga más fruta. Junto a Pierre Pica, lingüista del Centro Nacional de Investigación Científica francés, y otros colaboradores, Dehaene ha hallado más pruebas de esta facultad instintiva en estudios con indígenas mundurukú, una tribu de la Amazonia brasileña. Aunque su léxico numérico es muy básico, indígenas adultos lograron decidir si una agrupación de puntos era mayor o menor que otra con casi tantos aciertos como un grupo de control formado por individuos franceses. Sin embargo, la mayoría era incapaz de decir cuántos objetos quedaban si de un conjunto de seis se retiraban cuatro.

Esa capacidad para la estimación supone un punto de partida clave para el desarrollo de habilidades matemáticas más elaboradas. Cualquier déficit en dicha facultad innata puede traducirse en dificultades futuras. Hace unos veinte años, Dehaene conjeturó que los niños se

Cognición numérica innata

Todos nacemos con una cierta noción de lo que es un número. Muchos niños con deficiencias en esta habilidad experimentan, años después, dificultades con las matemáticas. Stanislas Dehaene y sus colaboradores han creado un juego para reforzar esta capacidad innata para estimar cantidades. Un preescolar debe juzgar qué montón contiene más monedas antes de que un personaje controlado por el ordenador robe el de mayor tamaño (*izquierda*). Después, los personajes avanzan un número de casillas igual al número de monedas que contiene el montón que han escogido (*derecha*). Vence quien llega antes a la meta.



QUICKHONEY (*ilustración*); ADAPTADO DE «PRINCIPLES UNDERLYING THE DESIGN OF 'THE NUMBER RACE': AN ADAPTIVE COMPUTER GAME FOR REMEDIATION OF DYSCALCULIA», POR ANNA J. WILSON, STANISLAS DEHAENE, PHILIPPE PINEL, SUSANNAH K. REVKIN, LAURENT COHEN Y DAVID COHEN, EN *BEHAVIORAL AND BRAIN FUNCTIONS*, VOL. 2, 2006

Cinco mitos sobre el cerebro

Algunas ideas muy difundidas sobre la manera en que aprenden los niños pueden confundir a padres y educadores.

Mito: Usamos solo el 10 por ciento del cerebro.
Realidad: El mito del 10 por ciento (elevado a veces hasta el 20 por ciento) ha reaparecido en fecha reciente en la película *Sin límites*, que gira en torno a una droga milagrosa que otorga al protagonista una memoria y capacidad analítica prodigiosas. Los profesores pueden animar a los alumnos a esforzarse más, pero no por ello lograrán accionar circuitos neuronales «vírgenes». No existe ningún interruptor neuronal cuya activación mejore el rendimiento escolar.

Mito: La personalidad depende del mayor uso de uno u otro hemisferio cerebral.
Realidad: La opinión de que nuestro hemisferio izquierdo es racional y el derecho, intuitivo y artístico carece de fundamento. En todas las funciones cognitivas participan ambos lados del cerebro. La idea se debe a la observación de que muchas personas (aunque no todas) emplean más el hemisferio izquierdo a la hora de procesar el lenguaje y se sirven en mayor medida del derecho para las destrezas espaciales y emotivas. Algunos psicólogos han esgrimido esta diferencia para explicar los diferentes tipos de personalidad, y no han faltado los planes educativos que abogaban por una menor dependencia de las actividades racionales. Los estudios con imágenes cerebrales no han ofrecido ninguna prueba de que el hemisferio derecho sea el foco de la creatividad. El cerebro se vale de ambos hemisferios tanto en la lectura como en el cálculo.

Mito: Es preciso hablar un idioma antes de aprender otro.
Realidad: Los niños que aprenden dos idiomas al mismo tiempo no los confunden ni se desarrollan por ello con mayor lentitud. Esta noción de interferencia lingüística sugiere que diferentes áreas cerebrales se disputarían recursos. En realidad, los niños que aprenden dos idiomas, incluso al mismo tiempo, adquieren un conocimiento más generalizado de la estructura del lenguaje como un todo.

Mito: Los cerebros femenino y masculino difieren en aspectos que dictan facultades de aprendizaje.
Realidad: Es cierto que existen diferencias fisiológicas entre los cerebros de uno y otro sexo, y que estas pueden originar cambios en su funcionamiento. Sin embargo, ninguna investigación ha demostrado que existan distinciones por razón de sexo en las redes neuronales que se forman al aprender habilidades nuevas. Y, aunque las hubiese, es probable que fuesen minúsculas y basadas en promedios, por lo que no determinarían las habilidades de ningún individuo en concreto.

Mito: Cada niño posee un estilo particular de aprendizaje.
Realidad: La idea de que cada alumno tiende a aprender mejor desde una vía sensorial concreta —el niño «visual» frente al «auditivo»— no cuenta con demasiadas pruebas. En este caso, como en otros, la percepción pública parece haberse adelantado a la ciencia. Uta Frith, antigua directora de una comisión británica encargada de examinar las promesas de la neurodidáctica, insta a padres y educadores a proceder con cautela: «La sociedad reclama información sobre la aplicación de la neurociencia en la educación; como consecuencia, se ha producido una enorme oferta de métodos sin contrastar y carentes de base científica».

Fuentes: *Mind, brain and education science*, por Tracey Tokuhama-Espinosa (W.W. Norton, 2010); *Understanding the brain: The birth of a learning science* (OCDE, 2007); Reunión de Ministros de Educación de la OCDE, 4-5 de noviembre de 2010

basaban en ese método de estimación a ojo para desarrollar su capacidad de cálculo a medida que iban creciendo. Y, de hecho, durante el último decenio se ha comprobado que los bebés con dificultades en dicha habilidad puntúan después más bajo en los test escolares de destreza matemática. «Ahora sabemos que el aprendizaje de una disciplina como la aritmética se apoya en cierta clase de conocimiento básico que ya se posee en la primera infancia», afirma Dehaene.

La discalculia (el equivalente de la dislexia en el aprendizaje de las matemáticas) es una discapacidad que afecta a entre el 3 y el 6 por ciento de los niños. Aunque ha recibido mucha menos atención que la dislexia, sus consecuencias no son necesariamente menos graves. Las personas que la padecen «ganan menos, gastan menos, tienen mayores probabilidades de enfermar, de tener problemas con la ley y requieren más ayuda en la escuela», indicaba un artículo publicado en *Science* en mayo de 2010.

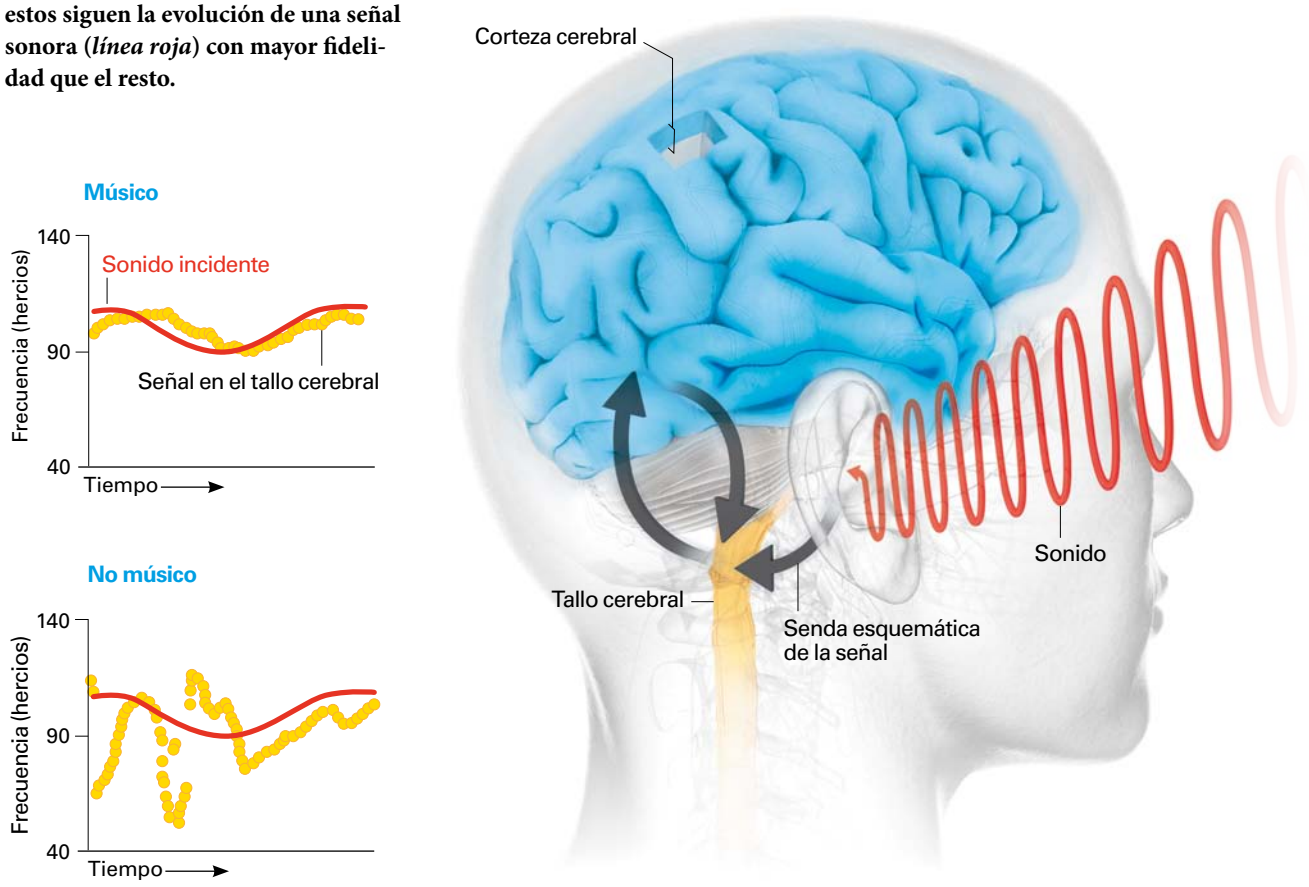
Al igual que en el lenguaje, también aquí la intervención precoz podría potenciar las facultades matemáticas. Con este objetivo, Dehaene y su equipo han diseñado un juego de ordenador sencillo para entrenar las facultades básicas mencionadas en niños de entre cuatro y ocho años. En una de las versiones, el jugador ha de elegir la mayor de dos cantidades de monedas de oro antes de que un oponente controlado por el programa se apodere de ella. El juego se adapta de manera auto-

El entrenamiento cerebral óptimo

Tocar un instrumento de manera regular desde la infancia fomenta facultades que trascienden la mera práctica musical. Concentrarse en los detalles finos del sonido contribuye a la comprensión del habla y refuerza otras destrezas cognitivas, como la atención, la memoria de trabajo y el autocontrol.

Finos de oído

Los músicos perciben los sonidos con mayor nitidez que quienes no lo son, ya que la práctica de un instrumento entrena a todo el cerebro. El sonido viaja desde la cóclea, en el oído interno, hasta el tallo cerebral y, de ahí, se transmite a la corteza, la región del cerebro encargada de algunas de las funciones más complejas. Después, la señal regresa al tallo y a la cóclea. Este bucle implica que, para tocar la nota adecuada, el músico debe emplear varias regiones cerebrales. Los registros de las señales eléctricas en el tallo cerebral (*línea amarilla*) revelan la exquisita sensibilidad tonal de los músicos: estos siguen la evolución de una señal sonora (*línea roja*) con mayor fidelidad que el resto.



BRYAN CHRISTIE (*ilustración*); JEN CHRISTIANSEN (*gráficas*). FUENTE: «MUSICAL EXPERIENCE SHAPES HUMAN BRAINSTEM ENCODING OF LINGUISTIC PITCH PATTERNS». P. C. M. WONG ET AL. EN *NATURE NEUROSCIENCE*, VOL. 10, N.º 4, ABRIL DE 2007

mática a la destreza del niño, quien, en los niveles más altos, ha de añadir o retirar oro antes de efectuar la comparación que le permita elegir el montón mayor. Si gana, avanza un número de peldaños igual al de monedas obtenidas. Vence quien llega primero al último escalón del tablero.

El programa, de código abierto, ha sido traducido a ocho idiomas. Aunque sus diseñadores se han cuidado de no exagerar los beneficios que pueda producir, más de 20.000 educadores ya lo han descargado desde el servidor de un instituto de investigación público finlandés. Varios estudios intentan ahora determinar su eficacia a la hora de prevenir la discalculia, así como su potencial para ayudar a niños sin ese trastorno a reforzar su sentido numérico básico.

Aprender a dominarse

Los fundamentos cognitivos de un buen aprendizaje dependen en gran medida de lo que los psicólogos denominan «función ejecutiva», un concepto que abarca atributos cognitivos como la capacidad de mantener la atención, la de retener en la memoria de trabajo —nuestra agenda de notas mental— lo que acabamos de ver u oír, o la de aplazar la satisfacción de un deseo. Todas estas facultades pueden servir para predecir el éxito escolar o incluso el laboral de un individuo. Un famoso

experimento realizado en 1972 en la Universidad Stanford («Aquí tienes un caramelo; te daré otro si no te lo comes hasta que vuelva») demostró la importancia de la función ejecutiva: a los niños que, por mucho que deseasen la golosina, lograron esperar les fue mejor en la escuela y, más tarde, en la vida.

Desde hace unos diez años se alienta la idea de que la función ejecutiva puede educarse. Al respecto, un programa educativo denominado «Herramientas mentales» ha tenido éxito entre las escuelas de algunos barrios desfavorecidos, donde por regla general el rendimiento académico es menor que entre las clases altas. El programa entrena a los pequeños a resistir tentaciones y distracciones, así como a practicar tareas diseñadas para reforzar la memoria de trabajo y la agilidad mental. En un ejemplo de tarea para fomentar la autodisciplina, el niño podía decirse a sí mismo en voz alta lo que debía hacer. El potencial de estas técnicas para mejorar el autocontrol se antoja tan elevado que algunos economistas han propuesto medidas públicas para implantarlas en los centros de educación superior. Según señalaban los autores de un estudio publicado en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* el mes de febrero de 2010, dichas medidas servirían para «reforzar la salud física y económica de la población y reducir la delincuencia».

La neurociencia ha venido en respaldo de dicha idea. Algunos estudios recientes parecen indicar que la tediosa práctica de «resistirse a las golosinas» tal vez no sea necesaria: también la educación musical podría resultar eficaz. En sintonía con las tesis de la autora de origen chino Amy Chua, quien en su controvertido libro *Battle hymn of the tiger mother* [«Himno de batalla de la madre tigre», Penguin, 2011] describía su empeño en que sus hijas dedicasen horas interminables a tocar el violín y el piano, algunos experimentos apuntan a que la práctica regular de un instrumento musical mejora el rendimiento escolar. Al parecer, se trata de una actividad que mejora la atención, la memoria de trabajo y el autocontrol.

Algunas de las investigaciones que han facilitado tales hallazgos se deben a un grupo de neurocientíficos encabezados por Nina Kraus, de la Universidad Noroccidental. Kraus, directora del Laboratorio de Neurociencia de la Audición, se crio con un variopinto paisaje sonoro. Su madre, profesional de la música clásica, se dirigía a ella en su italiano natal; hoy, Kraus toca todavía el piano, la guitarra y la batería. «Adoro hacerlo, es una parte muy importante de mi vida», afirma.

Kraus se ha valido de electroencefalogramas para determinar la manera en que el cerebro codifica el tono, el timbre, el ritmo y el tempo de una pieza musical, así como para comprobar si las modificaciones nerviosas que se derivan de la práctica musical mejoran las facultades cognitivas. Su equipo ha hallado que la música refuerza la memoria de trabajo y, lo que tal vez sea más importante, hace de los estudiantes mejores oyentes, una facultad que les permite aislar mejor un discurso en el guirigay que en ocasiones se crea en la clase.

Aún se desconocen los detalles del papel que la formación musical podría desempeñar como tonificante cerebral. Y continúan sin respuesta numerosas preguntas sobre el tipo de ejercicios que ayudarían a reforzar la función ejecutiva. ¿Es relevante que el instrumento sea un piano o una guitarra? ¿Que se trate de una composición de Mozart o de los Beatles? Y lo más importante: ¿les servirán de algo las lecciones de música a los alumnos con dificultades o a aquellos procedentes de familias desfavorecidas? Aunque anecdóticos, Kraus menciona algunos resultados que indicarían que las consecuencias de la formación musical se extienden hasta la escuela o la facultad. En Los Ángeles, el Proyecto Armonía proporciona instrucción musical a niños de familias pobres. Durante los últimos años, docenas de estudiantes han superado con éxito el bachillerato y han ingresado en escuelas universitarias. La mayoría fueron los primeros de sus familias en lograrlo.

Margaret Martin, fundadora del proyecto, ha invitado a Kraus a usar una versión portátil de sus electroencefalógrafos y sus programas informáticos de procesamiento sonoro para investigar en qué medida la música influye en los niños que participan en el programa. Pero Kraus prefiere sin rubor la guitarra a los juegos de ordenador. «Si los estudiantes deben optar entre pasar tiempo con un videojuego que supuestamente refuerza la memoria o con un instrumento musical, a mi entender no hay duda de qué será mejor para su sistema nervioso —afirma—. Para aprender un solo de guitarra, debes memorizarlo y practicar sin pausa una y otra vez hasta que por fin logras reproducirlo.»

Publicidad exagerada

Al tiempo que prosiguen las investigaciones sobre los mecanismos cerebrales que subyacen a la lectura, la escritura, la aritmética y el autocontrol, numerosos expertos en neurodidáctica intentan evitar que se exageren con fines publicitarios los resultados de sus investigaciones. Por más que deseen que sus hallazgos se traduzcan en métodos de ayuda para los niños, son muy conscientes de todo el camino que aún queda por recorrer. Además, padres y educadores ya se encuentran sometidos a un bombardeo constante de productos para el refuerzo del aprendizaje cuya eficacia está aún por demostrar, por no mencionar algunos muy promocionados que se han mostrado inútiles.

Hace algunos años nació una pequeña industria en torno a la idea de que bastaba hacer escuchar a un bebé una sonata de Mozart para aumentar su inteligencia. Al final, el método se probó fallido. La investigación de Kraus sugiere que, para obtener algún beneficio, es preciso tocar un instrumento y ejercitar las áreas cerebrales responsables del procesamiento sonoro. Cuanto más se practica, más se desarrollan las facultades para distinguir las sutilezas auditivas. La mera escucha no basta.

También se han cuestionado otras técnicas de entrenamiento cerebral que afirman contar con pruebas científicas sólidas de su eficacia. Un metanálisis publicado en marzo en el *Journal of Child Psychology and Psychiatry* efectuaba una revisión crítica de uno de los métodos de entrenamiento cerebral más conocidos: el programa informático Fast ForWord, desarrollado por Paula A. Tallal, de la Universidad Rutgers; Michael Merzenich, de la Universidad de California en San Francisco, y otros colaboradores. El estudio no halló ningún efecto en niños con dificultades en el habla o en la lectura. Al igual que los métodos utilizados por Benasich, antigua compañera postdoctoral de Tallal, el programa intenta mejorar las deficiencias en el procesamiento de sonidos que pudiesen derivar más tarde en dificultades de aprendizaje. El metanálisis provocó una enérgica respuesta por parte de Scientific Learning, el fabricante del programa, que argumentó que los criterios de selección habían sido demasiado restrictivos, que la mayoría de los estudios mencionados en el análisis habían sido dudosamente implementados y que, desde la publicación del informe, el programa había sido perfeccionado.

En términos generales, el cliché «es necesario seguir investigando» resulta aplicable a muchas iniciativas en neurodidáctica. El juego aritmético de Dehaene, por ejemplo, aún exige numerosos ajustes. Un estudio reciente mostró que el programa ayudaba a los niños a la hora de comparar números, pero que eso no se traducía en destrezas de recuento o de cálculo aritmético. Se espera que la última versión del juego resuelva estos problemas. Por otra parte, otro estudio ha puesto en duda que la práctica musical mejore la función ejecutiva y que, por lo tanto, desarrolle la inteligencia.

En toda disciplina incipiente, un trabajo contradice a menudo las conclusiones de otro y, después, un tercero refuta las de ambos. Estos vaivenes ocurren en todas las ciencias y, en ocasiones, desembocan en proclamas desmesuradas. En neurodidáctica, padres y educadores han sido víctimas frecuentes de exageraciones publicitarias relativas a programas informáticos o métodos educativos «con base científica». Como afirma Deborah Rebhuhn, profesora de matemáticas en Center School, una institución de educación especial de Nueva Jersey que acepta alumnos de todo EE.UU.: «Es algo que marea y desconcierta. Ya no sé qué más probar. Y no existen datos suficientes para decirle al director de la escuela que tal o cual sistema resulta eficaz».

Puesta a punto desde preescolar

Los expertos en neurociencia son conscientes de que aún no pueden ofrecer recetas definitivas para potenciar el aprendizaje. Sus trabajos, no obstante, dejan entrever las posibilidades de las que se beneficiarán las generaciones venideras. Así opina John D. E. Gabrieli, catedrático de neurociencia que participa en un programa conjunto de la Universidad de Harvard y el Instituto de Tecnología de Massachusetts. En un artículo publicado en *Science* en 2009, Gabrieli conjeturaba que, en combinación con los test psicológicos tradicionales, el historial familiar y, tal vez, ciertos exámenes genéticos, las pruebas cerebrales detectarán algún día los problemas de lectura a los seis años de edad, permitirán intervenciones tempranas y servirán para prevenir numerosos casos de dislexia.

Se ha demostrado que los electroencefalogramas de niños de preescolar predicen cuál será su habilidad lectora en quinto grado mejor que las evaluaciones psicológicas al uso. Combinadas con los métodos tradicionales, las pruebas cerebrales podrían ayudar a calibrar las aptitudes de cada niño antes de que ingresara en la escuela y, en caso necesario, remediar sus deficiencias gracias a los métodos que los neurocientíficos intentan perfeccionar. Si los pronósticos de Gabrieli se hacen realidad, el estudio del cerebro dotará de un nuevo significado al concepto de enseñanza individualizada. Un significado que implicará reforzar la capacidad de aprendizaje antes del primer día de clase. ★

Artículo publicado en *Investigación y Ciencia* n.º 421

© *Scientific American*

PARA SABER MÁS

Mind, brain, and education science. Tracey Tokuhama-Espinosa. W. W. Norton, 2010.

Maturation of auditory evoked potentials from 6 to 48: Prediction to 3 and 4 year language and cognitive abilities. Naseem Choudhoury y April A. Benasich en *Clinical Neurophysiology*, vol. 122, págs. 320-338, 2011.

The number sense: How the mind creates mathematics. Stanislas Dehaene. Oxford University Press, 2011.

Página web del Laboratorio de Neurociencia de la Audición de la Universidad Noroccidental: brainvolts.northwestern.edu

EN NUESTRO ARCHIVO

La neurodidáctica a examen. Nikolas Westerhoff, *en este mismo número*.

Bases cerebrales del aprendizaje. Ulrich Herrmann, *en este mismo número*.

Percepción sensorial y aprendizaje. Burkhart Fischer en *MyC* n.º 50, 2011.

PACKS TEMÁTICOS DIGITALES

Minicolecciones de monografías
sobre temas científicos clave

EL CEREBRO

~~27,60€~~
21,99€

- El cerebro, hoy
- El cerebro
- Las neuronas
- Neuroglia

LENGUAJE HUMANO

~~18,40€~~
14,99€

- El lenguaje humano
- Lenguaje y comunicación
- Multilingüismo

INTELIGENCIA Y COGNICIÓN

~~27,60€~~
21,99€

- Inteligencia viva
- La consciencia
- Orígenes de la mente humana
- En busca de la consciencia

PERCEPCIÓN

~~20,70€~~
15,99€

- Los cinco sentidos
- Ilusiones
- El mundo de los sentidos

Y descubre muchos otros packs temáticos digitales y en papel en:

www.investigacionyciencia.es/catalogo

Teléfono: 934 143 344 | administracion@investigacionyciencia.es

Prensa Científica, S.A.

EDUCACIÓN ¿Se ha de enseñar hoy la misma ciencia y de la misma forma en que nos la enseñaron a nosotros?

La educación científica del siglo XXI: retos y propuestas

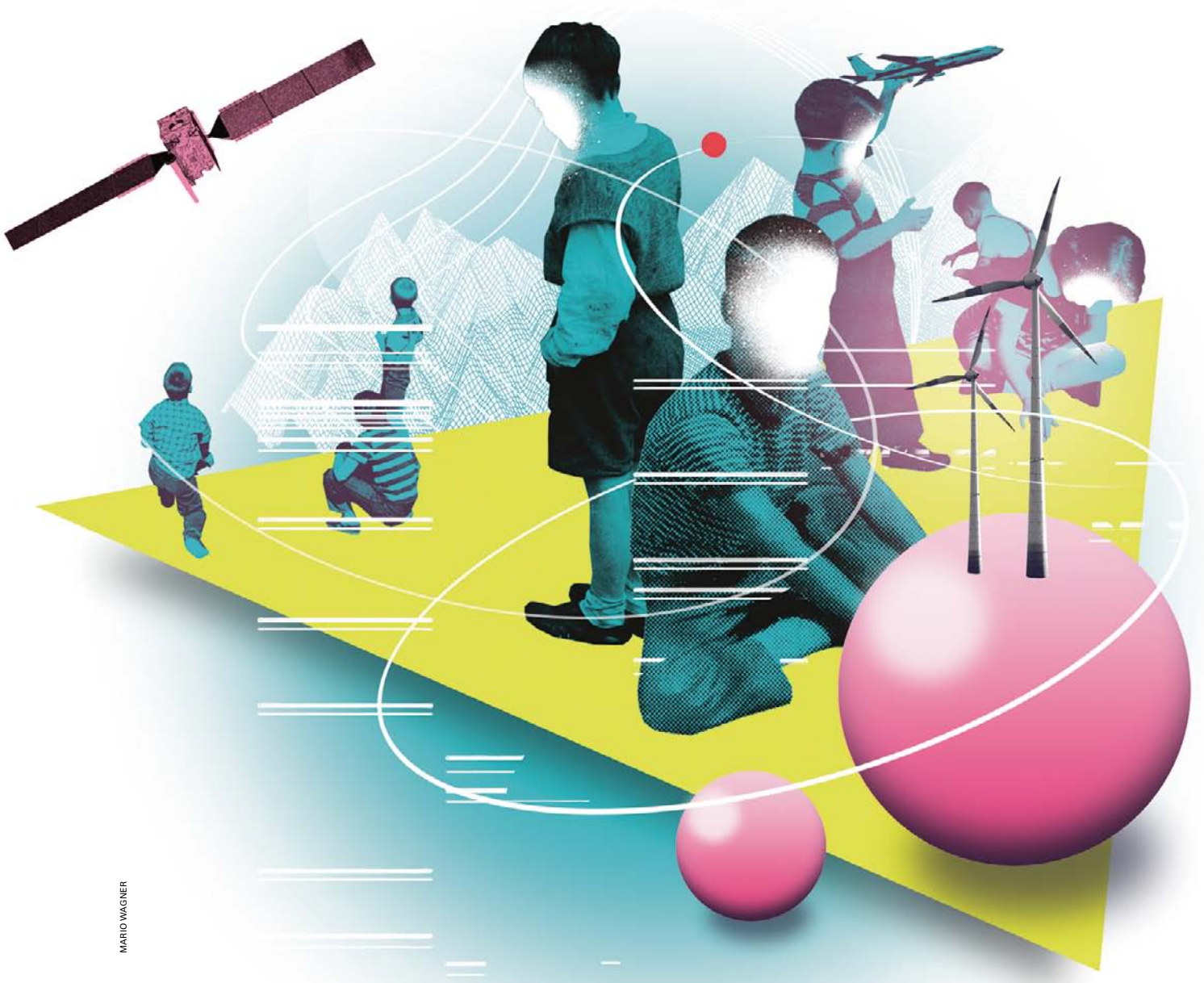
NEUS SANMARTÍ E IVÁN MARCHÁN CARVAJAL

Como cada año, las aulas de escuelas e institutos han vuelto a llenarse de estudiantes dispuestos a iniciar un nuevo curso. En ellas, podríamos imaginar a grupos de niños y adolescentes, sentados delante de su pupitre y escuchando atentos las lecciones magistrales que impartirán los profesores, y mediante las cuales (se supone) irán ampliando sus conocimientos sobre las principales disciplinas.

Sin embargo, esa escena está quedando cada vez más obsoleta; comienza a formar parte del pasado —quizás el que vivió el lector, o sus padres o abuelos—. Los cambios tecnológicos y sociales que hemos vivido en los últimos decenios están obligando a replantear numerosos aspectos del sistema educativo. ¿Qué deberían aprender los estudiantes? ¿Conocimientos que les ayuden a convertirse en ciudadanos alfabetizados, responsables y críticos, o en trabajadores competentes según las necesidades del mercado laboral actual? ¿Cómo podemos mejorar el interés, la motivación y la comprensión de los alumnos? Presentamos algunas de las principales cuestiones que se están abordando con el propósito de adaptar la escuela al mundo del siglo XXI, centrándonos en las ciencias, una de las áreas curriculares de mayor complejidad.

Las primeras innovaciones didácticas

Actualmente, nadie duda de la importancia de enseñar ciencias a todos los estudiantes hasta la finalización de los estudios obligatorios (secundaria). Sin embargo, esta concepción es relativamente reciente: la generalización del estudio de las ciencias tuvo lugar después de la Segunda Guerra Mundial. Antes, la enseñanza de la física, la química o la biología a alumnos adolescentes se hallaba muy vinculada a la preparación de estos para acceder a la universidad o a estudios profesionales y, por tanto, solo una minoría de chicos —y todavía un número menor de chicas—, muy seleccionada por su estatus social, es-



MARIO WAGNER

tudiaba estas disciplinas. Se considera que el lanzamiento por la Unión Soviética en 1957 del Sputnik, el primer satélite artificial, marcó un antes y un después en la enseñanza de las ciencias, ya que puso de manifiesto la necesidad de disponer de personas preparadas para afrontar los nuevos retos tecnológicos.

En los años sesenta del siglo pasado, surgieron, sobre todo en Estados Unidos y Gran Bretaña, numerosos proyectos innovadores para mejorar la alfabetización científica de los estudiantes. El Estudio para la Mejora del Currículo en Ciencias (*Science Curriculum Improvement Study*), dirigido por Robert Karplus, profesor de física en la Universidad de California en Berkeley, ofrecía un marco de conceptos científicos fundamentales relacionados con la experiencia de los alumnos con los fenómenos naturales; organizado en doce unidades didácticas, iba dirigido a estudiantes de primer a sexto curso de primaria. Para los alumnos de educación infantil y primaria, la comisión de educación de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS) desarrolló el programa «Ciencia: Un enfoque basado en procesos» (*Science: A Process Approach*). Destacaron también los proyectos de la Fundación Nuffield, la colección «Sistemas químicos» (*Chemical Bond Approach Project*) y los materiales para bachillerato elaborados por el Comité para el Estudio de la Física (*Physical Science Study Committee*), del Instituto de Tecnología de Massachusetts.

Pese a la calidad y el interés de todos esos programas, se comprobó que los resultados del aprendizaje eran insatisfactorios y que no estimulaban las vocaciones científicas (los alumnos seguían sin optar por el estudio de las ciencias cuando podían escoger en su currículo entre disciplinas diferentes). Más de cincuenta años después, estos dos problemas continúan sin resolverse, a pesar de la investigación llevada a cabo en didáctica de las ciencias y de las propuestas innovadoras que se han ido sucediendo.

En síntesis: Toca reinventarse

1 Los cambios sociales y tecnológicos que hemos vivido en los últimos decenios están obligando a replantear numerosos aspectos de la enseñanza de las ciencias. Se están desarrollando diversos proyectos innovadores que pretenden adaptar la escuela al mundo de hoy.

2 La comunidad educativa defiende que el objetivo de la educación debiera ser la alfabetización científica de la población y el fomento del pensamiento crítico. Las organizaciones empresariales, en cambio, prefieren preparar a los jóvenes para satisfacer las demandas del mercado laboral.

3 Si bien ambas propuestas parten de valores distintos, coinciden en que debe potenciarse el trabajo por proyectos interdisciplinarios, el desarrollo de las competencias, la motivación y el interés del alumnado, y la conexión de la escuela con el mundo real.

En general, podría afirmarse que, en educación, las «soluciones» llegan siempre tarde, ya que los cambios en la sociedad se producen a una velocidad muy superior a la de la implementación generalizada de las innovaciones didácticas. Solo hay que pensar en cómo la información se encuentra al alcance de todos a través de Internet y, en cambio, muchas de las clases actuales se centran todavía en transmitir dichas informaciones y memorizarlas, o en cómo hoy los estudiantes aprenden ciencias fuera de la escuela (en contextos informales como museos, bibliotecas, programas de televisión, Internet, etcétera), sin que ello haya cambiado lo que se enseña en clase.

Además de los problemas derivados del desajuste entre el sistema educativo y las dinámicas sociales, la enseñanza de la ciencia debe superar también ciertas dificultades en el plano cognitivo. Aprender ciencias no es tarea fácil. Por un lado, exige cambiar las ideas que desde que nacemos vamos construyendo en el marco de la vida cotidiana, conceptos muy persistentes y distintos de los consensuados por la ciencia actual. Por otro, requiere ser capaces de abstraer ideas clave, muy potentes, complejas y generales, de forma que puedan ser utilizadas en la interpretación y resolución de problemas nuevos. En este sentido, no resulta extraño que, tal como pone de manifiesto el estudio realizado en 2005 por Edgar W. Jenkins y N. W. Nelson, de la Universidad de Leeds, muchos estudiantes expresen: «Las ciencias son interesantes, pero no son para mí».

¿Para qué enseñar y aprender ciencias?

Más allá de los retos didácticos comentados hasta ahora, una nueva pregunta centra desde hace unos años el debate en la comunidad educativa: ¿para qué enseñar ciencias a la población? La cuestión es más compleja de lo que pueda parecer a simple vista y guarda una estrecha relación con la política, la economía y los valores de nuestra sociedad.

Desde la investigación en didáctica se defiende que el objetivo básico de la enseñanza de las ciencias para toda la población debiera ser la alfabetización científica. Su finalidad sería, por un lado, fomentar la capacidad de argumentar formas de actuar basadas en el conocimiento científico; por otro, desarrollar el pensamiento crítico ante la proliferación de pseudociencias (homeopatía, aromaterapia, medicina «cuántica», kinesiología, reiki, etcétera), movimientos anticientíficos (antivacunas, negacionistas del cambio climático), publicidad engañosa o estafas (como los aparatos caseros de desintoxicación iónica). En esta línea se están desarrollando programas de «ciencia en contexto» o sobre «temas sociocientíficos», entre otros. Hallamos ejemplos pioneros en los proyectos Salters de Gran Bretaña, diseñados e impulsados por la Universidad de York y la Fundación Nuffield, y cuyo principio didáctico se resume en que la enseñanza de las ideas clave del currículo debe promoverse cuando estas sean necesarias para interpretar o resolver problemas relevantes socialmente. Otro aspecto destacado de estos proyectos es que ponen el acento en la necesidad de aprender no solo de ciencia, sino también sobre cómo la ciencia genera nuevos conocimientos y los valida. En un mundo globalizado en el que la ciencia puede ir de la mano de intereses económicos es importante ayudar al alumnado a entender el significado preciso de expresiones habituales como «científicamente probado» y a ser conscientes de que la validez de una afirmación debe demostrarse mediante pruebas.

Desde instituciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en Europa o la coalición Change the Equation, en EE.UU., cuyas finalidades son el desarrollo económico y dar respuesta a las necesidades de las empresas, la cuestión de «para qué» enseñar ciencias se enfoca de otro modo. Según estos organismos, la finalidad de la educación es preparar a los jóvenes para que puedan afrontar las nuevas demandas de la economía. A través de sus estudios y propuestas, como las pruebas PISA (por las siglas, en inglés, de «Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes») que impulsó la OCDE en el año 2000, pretenden influir en los currículos escolares, en «qué» se enseña y en «cómo» se enseña. Así, la visión competencial del currículo que promueve PISA ya ha sido incorporada en la gran mayoría de sistemas educativos de todo el mundo. En fecha más reciente, ha surgido el programa STEM (por las siglas, en inglés, de «Ciencia, Tecnología,

Ingeniería y Matemáticas»), que defiende un currículo interdisciplinar y metodologías didácticas basadas en el trabajo por proyectos, resolución de problemas o realización de investigaciones y, muy especialmente, en el uso de todo tipo de tecnologías. Si bien este programa se ha centrado inicialmente en la integración de disciplinas científico-tecnológicas, en la actualidad ya se habla de STEAM, donde la *A* se refiere a *arte*, y de muchas otras siglas que incorporan más ramas del saber. El porcentaje de escuelas iberoamericanas que participan en esta iniciativa es aún pequeño, pero está en expansión. Así se evidenció en el primer congreso internacional sobre STEM, celebrado en el museo Cosmocaixa de Barcelona en abril de 2015 y en el que se presentaron experiencias de centros educativos de todo el mundo.

Conexión con el mundo real

Aunque los dos planteamientos señalados responden a programas y líneas de investigación con objetivos divergentes, comparten ciertas propuestas metodológicas. Veamos en qué consisten estas semejanzas.

Tanto la estrategia basada en la alfabetización científica como la centrada en las necesidades del mercado laboral apuestan por conectar el conocimiento que debe aprender el alumno con el mundo real. En el primer caso, ese conocimiento debe permitir al propio estudiante dar respuesta a retos o preguntas que pueda plantearse fuera de la escuela y a lo largo de la vida; en el segundo caso, se trata de un conocimiento que pueda aplicarse a la generación de productos o servicios con valor económico.

Aunque la propuesta del sector educativo se centra, sobre todo, en temáticas de índole social y la del sector empresarial en retos tecnológicos, ello no impide que en muchos casos haya confluencia entre ambas orientaciones. Puede que una solución técnica pase por demostrar que es responsable desde el punto de vista ambiental (dimensión social), o que el análisis y argumentación de un tema sociocientífico comporte la generación de una herramienta que permita compartir y debatir argumentos en la Red (dimensión tecnológica).

Todos los programas innovadores tienen un fuerte componente interdisciplinario y suelen abordar el aprendizaje de conocimientos de distintas áreas de forma interrelacionada (incluso mediante la colaboración de alumnos de diferentes edades). En algunos centros escolares desaparecen los horarios por asignaturas y la actividad de los estudiantes se organiza alrededor de la realización de proyectos, problemas o investigaciones, talleres, etcétera, en cuyo marco se aprenden los conocimientos de las distintas disciplinas que se necesitan para resolver los problemas. En esta línea, Finlandia ya ha anunciado que su nuevo currículo de 2016 comportará el trabajo conjunto y simultáneo de profesores de diferentes áreas, ya que se enfatizará el trabajo por proyectos. En España, estas iniciativas aún no están siendo estimuladas desde la administración pública; se aplican solo en algunos pocos centros escolares (como el Instituto Quatre Cantons de Barcelona), en los que el equipo directivo ha priorizado esta metodología en su proyecto. En general, se trata de centros de reciente creación, lo que facilita la aplicación de innovaciones. En escuelas con una trayectoria más larga, los cambios son más difíciles, debido a que no suele haber consenso entre todos los profesores para poderlos implementar.

Otra de las características comunes de ambos enfoques educativos es el énfasis en la visión competencial del aprendizaje, es decir, en la voluntad de desarrollar en los jóvenes la capacidad para movilizar saberes diversos en la resolución de un problema, la comprensión de una situación o la toma de decisiones sobre temas de actualidad (pensemos en las vacunas, la fracturación hidráulica o *fracking*, la energía nuclear, la introducción de especies invasoras en un entorno, etcétera). Las competencias

¿Qué significa ser competente en ciencias?

Preocupados por la competitividad laboral de los ciudadanos, los países miembros de la OCDE impulsaron en el año 2000 la creación de un programa de evaluación internacional de los estudiantes con el propósito de influir en los currículos escolares: las famosas pruebas PISA. Su visión competencial ya ha sido incorporada en la mayoría de los sistemas educativos de todo el mundo.

Pero ¿qué significa ser competente en ciencias? Según el marco conceptual para las pruebas PISA 2015, que interpreta esta idea en clave de alfabetización científica, el estudiante competente en ciencias es aquel con capacidad para involucrarse reflexivamente en temáticas relacionadas con la ciencia y con las ideas científicas. Es decir, que sabe:

- **Explicar fenómenos científicamente. Reconoce, ofrece y evalúa explicaciones para un amplio espectro de fenómenos naturales y tecnológicos.**
- **Valorar y diseñar investigaciones científicas. Describe y evalúa trabajos científicos y propone métodos para abordar científicamente la respuesta a preguntas.**
- **Interpretar datos y pruebas científicamente. Analiza y valora datos, afirmaciones y argumentos de diversa naturaleza y redacta conclusiones científicas adecuadas.**

El nuevo rumbo de PISA

Cómo evaluar el espíritu de equipo

Peg Tyre

La primavera de 2015, cuando decenas de millares de quinceañeros de ambos sexos ocuparon sus puestos para las pruebas PISA, se verificaron sus destrezas en lectura, matemáticas y ciencias. Pero también tuvieron que habérselas con una serie, novedosa y controvertida, de cuestiones concebidas para medir «destrezas de resolución cooperativa de problemas». No consistieron en test de respuesta electiva ni en cuestiones acompañadas de justificación; los examinandos tuvieron que registrar resultados de juegos, ensamblar rompecabezas y realizar experimentos con la ayuda de un «colega» virtual, con el que se comunicaron mediante cajas de chat. El nuevo test es aún experimental, pero los responsables de PISA consideran que los resultados de estos nuevos problemas servirán de acicate para que los Gobiernos preparen mejor a sus jóvenes para desenvolverse en la economía global.

Algunos critican que, con esta prueba, PISA ha dado un paso atrás y ha resucitado un antiguo y acerado debate sobre si es factible enseñar a pensar de forma crítica y a trabajar en equipo, y sobre si estas competencias pueden aprenderse con independencia de los contenidos.

A juicio de Jenny Bradshaw, directora sénior de PISA y supervisora de las pruebas, resulta imperativo que las escuelas se adapten al rápido avance de las innovaciones tecnológicas; el nuevo dominio examinado se encamina hacia este fin. «La capacidad para trabajar con compañeros invisibles, especialmente en línea, resultará fundamental para el éxito profesional. Pues así será como funcionen, y cada vez más, el mundo y los puestos de trabajo.»

Se trata de una novedad para las pruebas PISA, coordinadas por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), coalición de 34 países cuya brújula es la industria. Desde su implantación en 2000, estas han venido midiendo la habilidad de los estudiantes para comprender información escrita y aplicar matemáticas y ciencias a situaciones de la vida real. Las calificaciones que obtienen los países, y los titulares que en ellos provocan, se tornan rápidamente en detonantes para políticas orientadas hacia la competitividad internacional. Las notas de PISA han provocado, al menos en parte, un centón de propuestas de reforma escolar en EE.UU. y en Europa. Los mediocres resultados estadounidenses contribuyeron a que el presidente Obama sintiera necesario advertir, ya en 2009, que los estudiantes de Estados Unidos tenían «que saltar del pelotón al grupo de cabeza» en diez años.

En 2008, grandes corporaciones como Cisco, Intel y Microsoft, preocupadas por la deficiente preparación para asumir funciones clave de los aspirantes a un puesto laboral, comenzaron a financiar un grupo llamado ATC21S (cuya traducción sería «Valoración de competencias para el siglo XXI»), con el propósito de identificar y robustecer las «destrezas para el siglo XXI». A grandes rasgos, estas serían la capacidad de pensamiento crítico y creativo, de trabajo en colaboración y de adaptación a la evolución tecnológica en la empresa y en la sociedad. ATC21S lleva años instando a PISA para que empiece a evaluar algunas de estas competencias y para que busque expertos que definan una estructura para investigar cómo llevar a cabo tales valoraciones.

Hace tres años, en 2012, constaban ya en el examen PISA ciertas cuestiones que —se suponía— servirían para averiguar la destreza de los examinandos al resolver problemas. Durante la preparación del examen se concluyó que una economía global e interconectada requiere un conjunto de competencias más concreto todavía, entre estas, la resolución de problemas en grupo, mediada por Internet. El PISA de este año enfocó su microscopio sobre estudiantes de 51 países, para indagar su capacidad en resolución cooperativa de problemas.

Las cuestiones del test son alternativamente amenas y frustrantes. Aunque los investigadores de ATC21S creen que lo mejor sería comprobar los problemas co-

MARIO WAGNER

laborativos mediante colaboraciones reales, en los PISA cada alumno cuenta con un colega virtual llamado Abby. Se pide que entre ambos determinen, por ejemplo, las condiciones óptimas para los peces de un acuario, siendo el estudiante quien controle el agua, la decoración y la iluminación, mientras que Abby se ocupa de la nutrición, el número de peces y la temperatura. Para superar la prueba, el alumno debe alcanzar acuerdos sobre métodos para resolver el problema, responder a objeciones, aclarar malentendidos, compartir información sobre ensayos previos y, finalmente, sintetizar los resultados.

Multitud de críticos oponen que el nuevo enfoque es un disparate. Tom Loveless, investigador en didáctica de la Institución Brookins, objeta: «¿Existe acaso un conjunto independiente de competencias —en este caso, la resolución cooperativa de problemas— transversal y transferible entre distintos dominios de conocimiento? Las destrezas de biólogos e historiadores para resolver los problemas de su ciencia, ¿son las mismas? ¿Son diferentes? Desde John Dewey, otros pedagogos innovadores han mantenido que sí lo son. Pero lo cierto es que no lo sabemos».

Los sistemas escolares que se propongan preparar para el futuro a sus alumnos deberían ayudarlos a dominar las matemáticas complejas, las ciencias y la comprensión lectora, en lugar de dedicar recursos a promocionar conceptos nebulosos.

Bradshaw, de PISA, reconoce que, en efecto, estos dominios innovadores son cuestionables, pero ella y su equipo consideran que el experimento vale la pena. Y mientras los investigadores de PISA efectúan estudios de validación y trabajan con grupos focales sobre la resolución cooperativa de problemas, otros se ocupan ya de la nueva frontera de PISA. Bradshaw sostiene que, en 2018, habrán conseguido un método válido de medición de la «competencia global».

Es un hecho que se enseña lo que será exigido en los exámenes. Por ello, ATC21S se está preparando para atender los lamentos de países que reciban calificaciones bajas. Ofrecen para ello vídeos de clases en las que los investigadores afirman que profesores y alumnos están haciendo lo debido. También ha preparado un MOOC (un curso en línea abierto y masivo) para la formación de docentes, que les prepara para llevar a sus clases la resolución cooperativa de problemas. De los 30.000 matriculados, una cuarta parte ya lo ha terminado.

LA AUTORA

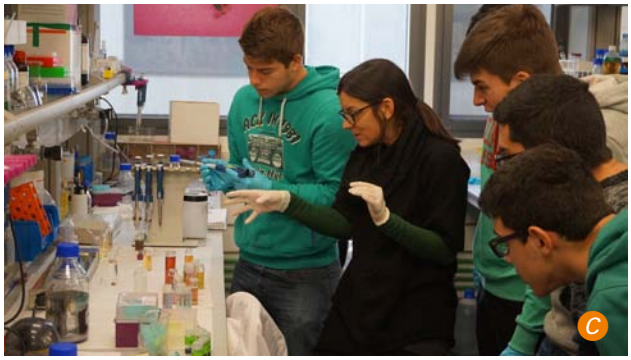
Peg Tyre, periodista, está especializada en educación. Es autora de *The good school* y de *The trouble with boys*. También es directora de estrategias para la Fundación Edwin Gould, que invierte en organizaciones que facilitan el acceso de estudiantes sin medios económicos a estudios superiores.

definidas por el programa PISA, en su última edición de 2015, inciden en la capacitación para evaluar explicaciones científicas, investigaciones, datos y argumentos, ya que considera que no necesariamente todas las personas desarrollarán proyectos de investigación, pero sí que todo el mundo debería ser capaz de analizar críticamente los estudios realizados por otros y dados a conocer a través de la prensa, en el lugar de trabajo u otros medios.

Las nuevas metodologías didácticas inciden también en una mayor apertura de la escuela y en la colaboración con entidades externas. Para realizar sus proyectos, los estudiantes pueden partir de propuestas de institutos de investigación, museos, empresas o servicios municipales, y realizar parte de su trabajo en estas instituciones. Por ejemplo, el Instituto de Ciencias del Mar del CSIC colabora con diversos centros educativos y acuerda con ellos la realización de proyectos que se traducen en el diseño de exposiciones por parte del alumnado u otras actividades; el instituto ofrece un acompañamiento directo al profesorado y, en algunos casos, también a los estudiantes, que realizan observaciones y recogen datos en el centro de investigación. En este sentido, se habla de «clase invertida»: los estudiantes recogen los datos e informaciones fuera del aula y también visionan vídeos o leen escritos en su casa, mientras que en la escuela se realizan los «deberes», es decir, se reelaboran las ideas y los datos para generar buenos argumentos y pruebas, resolver los problemas y asimilar el conocimiento. Ello posibilita que la tarea del docente se centre en ayudar al alumnado a superar sus dificultades y no en la transmisión de informaciones.

Retomando el estudio de Jenkins y Nelson, lo que pretenden las nuevas propuestas didácticas es conectar con el alumno, facilitar que este encuentre sentido al aprendizaje de las ciencias y ayudarle a responder la pregunta: «¿Para qué sirve aprender ciencias y matemáticas?». En las clases centradas en el aprendizaje por repetición, los estudiantes curiosos y creativos no hallan sentido a lo que se les quiere enseñar y se aburren; y los sociables, a los que les gusta aprender con los demás, tampoco encuentran motivación. Todas las investigaciones ponen de manifiesto que estos estudiantes pierden interés y creen que no vale la pena realizar el esfuerzo que requiere el aprendizaje de las ciencias. Por ello, desde todas las nuevas propuestas se incide en que los alumnos se cuestionen, imaginen, se planteen retos y pongan a prueba sus planes individualmente pero, sobre todo, en equipos heterogéneos, colaborando con personas con diferentes ideas, formas de trabajar y capacidades.

Con el propósito de avanzar en el diseño de las nuevas propuestas curriculares, los investigadores en didáctica de las ciencias están tratando de resolver



UNIVERSIDAD ROVIRA I VIRGILI (*A*); LUCA TANCREDI BARONE, INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA DE BARCELONA (*B*); INSTITUTO CATALÁN DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA (*C*); ELISABETTA BROGLIO, INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR (*D*)

Conexión con la ciencia real

Numerosos proyectos de colaboración entre centros de investigación y escuelas e institutos permiten a los estudiantes salir del aula y conocer de primera mano la actividad científica. En (*A*), unos participantes de los Campus Científicos de Verano tratan de montar una pila de combustible en un taller sobre energía en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Química de la Universidad Rovira i Virgili. Al lado (*B*), alumnos del programa Locos por la ciencia aprenden a trabajar en una cámara de hipoxia en el Instituto de Investigación Biomédica de Barcelona. Algunos participantes del programa ESCOLAB estudian ciertas propiedades fisicoquímicas en la nanoescala con una investigadora del Grupo de Nanopartículas Inorgánicas del Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología (*C*).Y unos alumnos del programa MAGNET participan en la disección de una tintorera en un taller sobre tiburones en el Instituto de Ciencias del Mar del CSIC (*D*).

una serie de cuestiones. A continuación se describen seis de las más relevantes.

Conocimientos científicos básicos necesarios

Los expertos están de acuerdo en que los listados de conceptos atomizados que configuran buena parte de los currículos actuales ya no tienen sentido. Veamos un ejemplo de este enfoque «anticuado» en la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE). Según esta, los estudiantes de secundaria (ESO) deberían saber, en relación al estudio de la materia, catorce ideas básicas; entre ellas, las propiedades de la materia, los estados de agregación, las leyes de los gases y las diferencias entre sustancias puras y mezclas. Los libros de texto se adaptan al estilo de este listado, de forma que cada apartado hace referencia a una de las ideas y los estudiantes pueden repetir más o menos su contenido en exámenes que las evalúan por separado. Obviamente, el aprendizaje de ideas aisladas no garantiza que estas puedan usarse conjuntamente cuando deba abordarse el análisis de un problema real. Tampoco parece razonable pedir al alumnado que memorice cierto tipo de informaciones que pueden encontrarse fácilmente en Internet.

Con todo, para poder interpretar, explicar, predecir, criticar y actuar de forma responsable en situaciones de la vida cotidiana y profesional se necesitan conocimientos de ciencia y sobre la práctica científica. ¿Cuáles deberían ser esos conocimientos? ¿Cómo seleccionarlos?

Una de las opciones en las que trabajan los investigadores actualmente se basa en el uso de «grandes ideas» o modelos de la ciencia, constructos holísticos que engloban conceptos centrales y los procesos que los han

validado a lo largo de la historia de la ciencia. Entre ellos encontraríamos, por ejemplo, los modelos «cambio químico» (¿qué cambia y qué no cambia cuando se obtienen nuevas sustancias a partir de otras?) y «ser vivo» (¿qué es la vida?). Estas ideas clave deberían ser pocas, muy generales y seleccionadas tanto por su relevancia en la historia de la ciencia como por su potencialidad para explicar fenómenos muy diversos.

A lo largo de la escolaridad, a partir de esas grandes ideas se puede profundizar en otras ideas subordinadas. Si bien hay acuerdo en la necesidad de alcanzar un nivel mínimo, o estándar, de conocimientos para toda la población, el grado de desarrollo y profundización de los mismos dependería de decisiones escolares, en función de los proyectos que se desarrollen y de las características e intereses del alumnado.

Los niveles mínimos que se están definiendo en la mayoría de los nuevos currículos son muy diferentes de los antiguos; se relacionan con lo que los jóvenes deberían ser capaces de hacer a partir de ellos e incluso se precisa qué ideas no formarían parte de la evaluación en cada etapa. Así, la enumeración de los conocimientos no se limita a un título, sino que se concreta en frases que expresan la idea básica que se debería trabajar en el aula y, muy especialmente, lo que deberían saber hacer los estudiantes a partir de ella. Por ejemplo, en los nuevos estándares del currículo estadounidense (*Next generation science standards*) para los alumnos de quince años se indican solo cuatro ideas básicas que estos han de demostrar que comprenden en relación a «la estructura y las propiedades de la materia». Una de ellas concreta: «Desarrolla un modelo para predecir y describir cambios en el movimiento de las partículas, temperatura y estado de las sustancias puras cuando se añade o elimina energía térmica». Y se clarifica que se enfatizarán los argumentos cualitativos y también el tipo de sustancias puras que deberán analizarse (agua, dióxido de carbono, helio), entre otros aspectos.

¿Cómo se aprenden conocimientos abstractos a partir de problemas contextualizados?

Otro aspecto del sistema actual de enseñanza que no acaba de estar bien resuelto es la relación entre el aprendizaje de conocimientos científicos y su contexto. A menudo, las ideas que se enseñan no son necesarias para resolver el problema planteado o para diseñar un artefacto, o bien son poco significativas. En muchos casos, el contexto no es más que un mero pretexto para enseñar lo de siempre y, además, como siempre. Los estudiantes españoles que participaron en las pruebas de acceso a la universidad en 2011 recordarán que en uno de los problemas de física se pedían los cálculos típicos de frecuencia y longitud de onda del sonido que emite una vuvuzela, un instrumento musical que se popularizó durante el Mundial de Fútbol de Sudáfrica. La referencia al instrumento era totalmente anecdótica, ya que no afectaba a una posible toma de decisiones derivada de los cálculos que se pedían. Además de no ayudar a la comprensión del problema, este tipo de contextos «estériles» pueden incluso llegar a causar confusión.

En el marco de un proyecto, el alumnado debería poder construir un conocimiento general y válido para interpretar y actuar en ese proyecto y en muchos más. Pero si los conceptos se enseñan a medida que son necesarios para entender mejor la situación o el problema, puede suceder que los conocimientos científicos que se vayan aprendiendo sean muy diversos y que carezcan de una relación explícita entre sí, por lo que se puede caer de nuevo en un currículo atomizado.

Los estudios actuales sobre progresión en el aprendizaje científico buscan dar respuesta a ese problema. Demuestran que la construcción de las grandes ideas científicas requiere de procesos de modelización complejos y bien secuenciados. Cada nuevo concepto necesita cuestionar y reformular concepciones previas alternativas y apropiarse de los puntos de vista de la ciencia actual, poco a poco y en un cierto orden, transitando de las ideas más simples a las más complejas y abstractas. En este ámbito, cabe destacar el proyecto 2061 de la AAAS, que elaboró unos mapas de progresión de las ideas clave de la ciencia a lo largo de las diferentes etapas formativas, desde la educación infantil al bachillerato; el currículo de Australia se basó en dicha propuesta.

¿De qué modo se transfiere lo aprendido?

Como consecuencia de los problemas anteriores, se formula un tercero relacionado con la transferencia del conocimiento: ¿de qué modo el estudiante aprende a aplicar el saber aprendido en el marco de un determinado contexto en otros imprevisibles y complejos? Es evidente que el objetivo final del aprendizaje en la etapa escolar no es tanto que el alumno sea capaz de resolver

LOS AUTORES

Neus Sanmartí Puig es profesora emérita de didáctica de las ciencias en la Universidad Autónoma de Barcelona. Forma parte del grupo de investigación en Lenguaje y Enseñanza de las Ciencias (LIEC) del mismo centro. *Iván Marchán Carvajal*, imparte física y química en el Instituto Europa de Hospitalet de Llobregat; también es profesor de la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona y miembro del grupo LIEC.

El objetivo final del aprendizaje es que el alumno sea capaz de activar el conocimiento adquirido cuando tenga que actuar en otras situaciones, actuales y futuras

un determinado problema real, explicar un hecho o diseñar y construir algún artefacto, como el de que sea capaz de activar ese conocimiento cuando tenga que actuar en otras situaciones, actuales y futuras.

Pero ¿qué se necesita aprender para ser capaz de transferir ese conocimiento? Y ¿cómo? Los estudios muestran que, a partir de los sistemas de enseñanza clásicos, los estudiantes transfieren saberes específicos parciales pero presentan dificultades para activar el modelo teórico general y aplicarlo en contextos diversos. Por ejemplo, pueden haber trabajado las funciones en clase de matemáticas y en las de ciencias ser capaces de aplicar algún aprendizaje (representar gráficamente datos experimentales que relacionan dos variables), pero no saber reconocer si en un nuevo problema real la relación entre las variables es funcional.

Sin embargo, parece ser que cuando el alumno ha tomado consciencia del modelo teórico (es capaz de expresarlo con palabras, representaciones gráficas o simulaciones), puede activarlo para plantearse buenas preguntas en nuevas situaciones y ser capaz de buscar e interpretar la información que encuentra. Si ha aprendido que todo ser vivo respira para poder obtener la energía necesaria para la vida, en una investigación sobre un ecosistema quizá se pregunte: «¿Cómo respira el tronco de un árbol?» —porque, si está vivo, ha de respirar—. Si el estudiante tiene un conocimiento general de qué se entiende por respirar, aprendido en un contexto determinado (¿es cierto que se han de sacar las plantas de una habitación por la noche?), contará con información más adecuada para responder. En cambio, si solo ha adquirido un conocimiento parcial sobre cómo respiran las hojas, los estomas, etcétera, le resultará más difícil interpretar nuevos contextos. Por tanto, hay una relación entre disponer de un modelo teórico potente y general, y la capacidad de generar «buenas preguntas». De hecho, el alumno que plantea una buena pregunta demuestra que es capaz de transferir el conocimiento.

¿Sirve cualquier contexto o problema?

Otro de los retos de la didáctica actual corresponde a la selección de los contextos. Un buen contexto debe promover la implicación y motivación del alumnado —que es muy diverso en intereses y capacidades— y, al propio tiempo, posibilitar la construcción de las ideas clave de la ciencia. Los expertos debaten todavía sobre ciertas cuestiones: ¿cualquier contexto, problema o investigación es útil? ¿Qué relación debería haber entre el contexto y los conocimientos que deben aprenderse? ¿Ha de utilizarse el mismo contexto para todos los estudiantes de un grupo o clase?

Los partidarios de una organización del trabajo en el aula que posibilite que cada estudiante aborde su propio proyecto desde el inicio, ya sea individualmente, por parejas o en grupos reducidos, sostienen que así se asegura la motivación de todos. Sin embargo, se ha demostrado que un conocimiento significativo no se descubre investigando, ni tampoco se aprende leyendo textos, sino que su aprendizaje requiere la aplicación de procesos que tengan en cuenta las ideas previas y el modo en que se progresa en dicho conocimiento. Es por ello por lo que la experta en didáctica Rosalind Driver criticó, ya en 1983, la famosa sentencia «Escucho y olvido, veo y recuerdo, hago y comprendo», completándola con «... comprendo lo que ya comprendía». Es decir, las explicaciones que se generan solo a partir de la observación y experimentación están condicionadas por nuestras ideas previas, que acostumbran a ser alternativas a las de la ciencia actual. Se ha comprobado que el problema de la motivación no reside en que los estudiantes escojan los temas de los proyectos o investigaciones, sino en que los que se les propongan recojan sus intereses y les posibiliten aprender saberes sobre los que hasta ese momento ni se podían preguntar.

Y no terminan aquí los interrogantes relacionados con los contextos. Se discute también si han de ser relevantes socialmente (es decir, si han de preparar al alumno para poder actuar en relación a problemas comunitarios como la salud o el ambiente) o si deben orientar, en el caso de la educación secundaria, hacia un posible futuro profesional. Muchas veces los estudiantes sienten curiosidad por temáticas que están presentes en los medios de comunicación (dinosaurios, animales monstruosos, Fórmula 1), pero, como ya decía el pedagogo Roger Cousinet, no es lo mismo curiosidad que interés, ni tampoco cualquier tema posibilita la apropiación de valores, ni el acceso a campos del saber que no están presentes en la televisión.

¿Cómo ha de ser la evaluación?

Aunque muchas veces los estudiantes trabajan en el marco de proyectos o investigaciones, las pruebas que pretenden evaluar su aprendizaje continúan basándose en preguntas reproductivas, simples y no contextualizadas. Ello hace que los alumnos perciban que lo importante es recordar informaciones y no tanto aplicar lo que han aprendido a la resolución de nuevos problemas reales. No es fácil plantear una evaluación que valore si un estudiante es competente utilizando sus conocimientos de ciencia y sobre la práctica de hacer ciencia, ingeniería o ambas, y mucho menos en una prueba escrita con tiempo limitado para responderla.

En ese sentido, el programa de evaluación PISA está siendo un buen referente, ya que las preguntas que plantea acostumbran a estar bien diseñadas para evaluar la competencia del alumnado. Asimismo, cada vez es más habitual la aplicación de nuevas metodologías de evaluación, como la exposición oral de los resultados de los proyectos a otros colectivos, la presentación de conclusiones y su argumentación a través de «congresos» de estudiantes, el diseño de aplicaciones informáticas o el análisis crítico de artículos periodísticos.

¿Se encuentra preparado el profesorado para afrontar estos cambios?

El problema más difícil de resolver es seguramente el del cambio en las rutinas del profesorado y, por tanto, el de su formación. La enseñanza es una profesión muy conservadora, que tiende a ejercerse en función de cómo uno aprendió y no tanto de cómo le enseñaron a enseñar, ni de la investigación realizada en este campo. Cada docente tiene su propia visión sobre lo que debe ocurrir en el aula, y estas ideas y las prácticas asociadas son muy difíciles de cambiar.

Si bien es cierto que la investigación en didáctica de las ciencias todavía no ofrece conclusiones claras sobre cuáles son los contenidos más adecuados y la mejor forma de enseñarlos, ello no justifica que se continúen utilizando metodologías que se ha demostrado que no promueven el aprendizaje de la mayoría de los alumnos. Si ya sabemos que algo no funciona, debemos cambiarlo. Algunos estudiantes obtienen buenos resultados con cualquier metodología, pero son pocos; y si la finalidad es que el 85 por ciento de la población (objetivo de la Unión Europea) tenga un buen nivel básico de conocimientos científicos y del modo en que estos se generan, es necesario explorar nuevas vías e innovar constantemente.

Propuestas didácticas que pudieron ser válidas hace treinta años, cuando no existía Internet, la perspectiva de trabajo era ejercer la misma profesión durante toda la vida y la diversidad sociocultural del alumnado era otra, actualmente carecen de utilidad. De ahí que se hable de que ser profesor hoy exige aplicar tantos cambios en las prácticas tradicionales que, de hecho, comporta también ejercer una nueva profesión.

A modo de conclusión

A veces se dice que la didáctica no es un campo de investigación como el resto, porque el día que se haya averiguado cuál es el mejor modo de enseñar ya no quedarán más cuestiones pendientes. Sin embargo, al tratarse de una ciencia estrechamente vinculada al contexto sociocultural, en constante evolución, siempre habrá nuevas preguntas. Y estas no se podrán responder enseñando lo mismo y de la misma manera que las viejas. Quizás acabe desapareciendo el concepto tradicional de asignatura, pero —¡que no cunda el pánico!— los saberes científicos que son patrimonio de la humanidad seguirán estando ahí, aunque quizá no estarán todos los que hay ahora. En resumen, la enseñanza de las ciencias para el siglo XXI tiene un reto importante: reinventarse. ★

Artículo publicado en *Investigación y Ciencia* n.º 469

PARA SABER MÁS

Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. T. D. Sadler en *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 41, n.º 5, págs. 513-536, 2004.

Important but not for me: Students' attitudes towards secondary school science in England. E. W. Jenkins y N. W. Nelson en *Research in Science & Technological Education*, vol. 23, n.º 1, págs. 41-57, 2005.

Concept development and transfer in context-based science education. J. K. Gilbert, A. M. W. Bulte y A. Pilot en *International Journal of Science Education*, vol. 33, n.º 6, págs. 817-837, 2011.

High school student perceptions of the utility of the engineering design process: Creating opportunities to engage in engineering practices and apply math and science content. L. Berland, R. Steingut y P. Ko en *Journal of Science Education and Technology*, vol. 23, n.º 6, págs. 705-720, 2014.

La medicalización de la sociedad, un contexto para promover el desarrollo y uso de conocimientos científicos sobre el cuerpo humano. A. M. Domènech et al. en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 33, n.º 1, págs. 101-125, 2015.

EN NUESTRO ARCHIVO

Tradición e innovación. Francesc Pedró en *IyC*, diciembre de 1992.

¿Qué debe enseñarse en el bachillerato? VV.AA. en *IyC*, agosto de 1996.

Enseñanza de las ciencias. W. Wayt Gibbs y Douglas Fox en *IyC*, marzo de 2000.

Aprendiendo a aprender. Luis R. Guerra Cid y S. Jiménez Torres, *en este mismo número*.

Las buenas preguntas. Dennis M. Bartels en *IyC*, septiembre de 2013.

PRIMERA INFANCIA Muchos padres están encantados con que sus hijos aprendan idiomas, música u otros contenidos ya en la guardería. Pero ¿es realmente efectiva una enseñanza estructurada tan precoz?

La trascendencia del aprendizaje temprano

NELE LANGOSCH

Pablo, de un año de edad, se muestra curioso. Acaba de descubrir una pieza redonda de madera. La observa con atención, se pone la mitad en la boca, comprueba el tacto del material y, finalmente, la hace rodar hacia una de las educadoras de la guardería a la que lo llevan cada mañana. Atento, observa la reacción de la monitora, quien le agradece el «regalo» y empuja la pieza hacia él. El niño se ríe e inicia de nuevo el juego.

Este joven descubridor se encuentra al principio de un camino repleto de desafíos. Cómo los afrontará y si logrará superarlos se decide ahora, en los primeros años de vida, señalan los investigadores. A temprana edad, los niños practican, en casa o en el jardín de infancia, los recursos que más adelante necesitarán para lograr una vida feliz y satisfactoria. Observan los movimientos y conductas de sus padres y educadores. Empiezan a hablar y a entender relaciones. Aprenden a mantenerse firmes ante sus hermanos o los compañeros de la guardería, así como a posponer sus deseos frente a las necesidades de otros. De este modo, adquieren competencias indispensables en nuestra sociedad: el lenguaje, la inteligencia y las capacidades emocionales y sociales. Este proceso de aprendizaje durante los primeros cinco o seis años de vida se conoce como socialización en la primera infancia.

Sin embargo, ha surgido una moda que inquieta a no pocos padres y madres. De repente, parece que las condiciones para una vida exitosa solo puedan lograrse con una estimulación especial. Clases de chino, piano o yoga ya se incluyen en el programa diario de niños de cuatro años cuyos progenitores no quieren dejar pasar ninguna oportunidad. Algunos pequeños practican números y letras en la guardería, observan las células de una cebolla bajo el microscopio o aprenden una segunda lengua. Pero ¿qué cantidad y, sobre todo, qué tipo de estímulo temprano resulta útil?

Los expertos toman partido

Un grupo de la Leopoldina, Academia Alemana de las Ciencias, ha investigado la cuestión. Un total de 15 expertos en psicología, medicina, lingüística, biología, pedagogía, sociología y economía, algunos de ellos de

Algunos niños de guardería pronto se interesan por las cantidades y los números. Sin embargo, aprender a contar no resulta indispensable para una estimulación temprana.

THINKSTOCK / INARIK

En síntesis: Pequeños aprendices

1 Muchos padres apuntan a sus hijos de corta edad a diversas actividades, con la idea de potenciar su desarrollo cognitivo. Sin embargo, no se ha demostrado que el aprendizaje organizado y estructurado incremente por sí solo la inteligencia.

2 Los niños con personas de referencia que les trasmiten seguridad aprenden mejor. Además, logran lidiar de manera más adecuada con el estrés, sus sentimientos y sus necesidades.

3 A menudo, los niños de familias desfavorecidas presentan más retraso en el desarrollo cognitivo, por lo que deberían recibir más apoyo en la guardería.

reconocimiento internacional, han contribuido con conocimientos novedosos en sus ámbitos. En 2014, publicaron sus conclusiones sobre la socialización en la primera infancia.

Los científicos subrayan, una vez más, la trascendencia de las experiencias tempranas para la vida. Es cierto que los factores hereditarios cumplen una importante función en lo que a inteligencia se refiere. Sin embargo, la investigación también muestra que la expresión de los genes viene influida en gran medida por el entorno, es decir, por las condiciones vitales del niño. Depende sobre todo del apoyo que este recibe durante los primeros años para que aproveche sus posibilidades al máximo.

¿Por qué es necesaria una estimulación tan temprana? ¿No basta con los años de escolarización? Los investigadores remiten a fases sensibles durante la primera infancia, en las que se adquieren distintas competencias sin apenas esfuerzo. Algunas capacidades básicas solo se desarrollan en períodos de tiempo muy concretos; más adelante difícilmente se recuperan, o solo de manera deficitaria. Existe una extensa documentación que respalda estos «períodos críticos» en relación a la formación del sentido de la vista y de la audición durante el primer y segundo año del bebé. Científicos canadienses examinaron neonatos casi ciegos a causa de unas cataratas. Aunque a los pocos meses de nacer se operó con éxito a estos bebés, de manera que se solventaron los problemas de visión, más adelante manifestaron dificultades para distinguir los rostros. La neuropsicóloga Brigitte Röder, de la Universidad de Hamburgo, y su equipo constataron que su déficit temprano impidió que se establecieran importantes conexiones neuronales del sistema visual del cerebro, un proceso que, al parecer, no puede recuperarse más tarde.

También se discute sobre la existencia de un período determinado de la infancia para el desarrollo del lenguaje. Inmediatamente después del nacimiento, los bebés prestan más atención a las parte más acentuada de una frase o término según el patrón del lenguaje de los padres. En alemán, por ejemplo, se trata siempre de la primera sílaba de una palabra; en francés, por el contrario, sobre todo es la última sílaba de la palabra o incluso de la frase. De este modo, a los seis meses, pueden distinguir ambos idiomas. Con el tiempo, la red neuronal se construye de modo que procesa a la perfección el idioma que se usa a diario. Para ello, se desarrollan, por un lado, nuevas conexiones entre las áreas cerebrales implicadas; por otro, se pierden las que no se utilizan.

Una educación multilingüe

Según afirman los expertos, las personas solo disponemos de unos años concretos de la infancia para dominar un idioma extranjero como si fuera nuestra lengua materna. «Sabemos que la ventana temporal se cierra entre los cuatro y los seis años», explica Frank Rösler, profesor distinguido de psicobiología y neuropsicología de la Universidad de Hamburgo. Por lo general, si esta fase vital decisiva no se aprovecha, el cerebro ya no es capaz de registrar las sutilezas de la gramática, el acento o la pronunciación de otro idioma de la misma forma como lo logró con la lengua materna.

Un estudio centrado en la competencia lingüística de hijos de inmigrantes chinos en Estados Unidos señala en esa dirección. La descendencia, de distintas edades, empezó a hablar, junto con el chino, en inglés. Los científicos de la Universidad de Oregón observaron que aquellos que aprendieron la segunda lengua a partir de los cuatro años mostraban de adultos más dificultades para encontrar errores gramaticales en frases escritas en inglés. Mediante un electroencefalograma, los investigadores comprobaron que los sujetos procesaban aspectos gramaticales de la lengua extranjera de manera diferente que los nativos.

Los autores abogan por empezar cuanto antes con el aprendizaje de otro idioma; como mínimo, durante los primeros tres o cuatro años de vida. Según Rösler, los niños se benefician si entran en contacto intensivamente con la segunda lengua. Ello no significa que en la guardería tengan que empezar con clases estructuradas. «Los niños aprenden idiomas a través de interacciones naturales y lúdicas con otros niños y adultos.» Esta estrategia

LA AUTORA

Nele Langosch es periodista y neuropsicóloga.

DREAMSTIME / DARKO64

Colores, formas y cantidades. La estimulación a través del juego facilita a los niños el aprendizaje.

se emplea en las guarderías bilingües, donde una educadora (extranjera) se comunica con los niños en el nuevo idioma.

Sin embargo, todavía se discute si los niños pequeños progresan más rápidamente en la enseñanza de una segunda lengua que los escolares que ya disponen de herramientas de aprendizaje conscientes. Algunos hallazgos sugieren que una educación bilingüe puede repercutir también de manera positiva en otros aspectos del desarrollo cognitivo.

Pero si parece que el niño presenta un retraso en su desarrollo lingüístico, debe acudirse cuanto antes a un especialista. Investigaciones del equipo dirigido por Angela Friederici, del Instituto Max Planck de Cognición y Neurociencias, indican que la primera fase fundamental de la adquisición de la lengua materna finaliza a los tres años. En esta etapa acontece el reconocimiento de estructuras gramaticales simples. Por ese motivo, los pediatras deberían comprobar las competencias lingüísticas de sus pacientes tan pronto como fuese posible. No obstante, este punto de vista encuentra ciertas resistencias.

El pediatra Herbert Renz-Polster no confía demasiado en las pruebas lingüísticas estructuradas. «Los niños se desarrollan a distintos ritmos. Las investigaciones sobre competencias lingüísticas con criterios estándares originan muchos diagnósticos erróneos y ponen bajo presión a las familias sin necesidad alguna», argumenta. No tiene sentido poner un listón en la infancia. Las educadoras y cuidadoras de la guardería, que están en contacto con el niño en su día a día, se encuentran mucho más capacitadas para detectar retrasos; tal y como siempre ha sido su función.

¿Qué ocurre con las otras capacidades cognitivas, como comprender las circunstancias con presteza, sacar conclusiones y solucionar problemas? En pocas palabras, ¿qué sucede con la inteligencia? Los límites en la capacidad cognitiva de una persona vienen determinados por factores hereditarios, explican desde la academia Leopoldina. El modo en que se desarrollan estos últimos y cómo evoluciona el intelecto dentro de esos límites genéticos depende de las condiciones ambientales en la infancia.

Condiciones para la inteligencia

Es probable que también existan fases fundamentales para el desarrollo de capacidades cognitivas generales, señala Rösler. Sin embargo, todavía no tenemos tantas pruebas como en el caso del desarrollo del lenguaje. Las influencias durante los dos primeros años de vida resultan de suma importancia, sugieren investigaciones a largo plazo llevadas a cabo desde el año 2000 con niños rumanos huérfanos. Si una familia acogía a esos bebés desatendidos en el orfanato antes de que cumplieran los dos años, su inteligencia aumentaba de manera notoria. Si, por el contrario, eran adoptados con

THINKSTOCK / POJOSLAW

El niño aprende mejor cuando se siente seguro. Para ello necesita la confianza de que el padre, la madre u otra persona de referencia le va a cuidar y proteger.

más de dos años, su cociente de inteligencia quedaba muy por debajo de la media del grupo de control [*véase* «Los años sensibles», por Charles A. Nelson III et al.; Mente y Cerebro n.º 46, 2011].

¿De qué depende el desarrollo cognitivo? El entorno infantil debe ser estimulante, de gran calidad en lo que a contenido se refiere, y la comunicación con el niño, sugestiva. Circunstancias que, por lo general, se cumplen en el caso de los niños nacidos en familias no marginadas. Estos pequeños suelen recibir la estimulación necesaria gracias a una interacción lúdica con los padres, explican los investigadores. Por otro lado, no existen pruebas convincentes de que los programas para el entrenamiento cognitivo que se comercializan consigan aumentar la inteligencia general de manera permanente.

El problema se plantea, sobre todo, en el caso de los niños que viven en situaciones familiares precarias; que crecen en la pobreza y se hallan desatendidos o sufren maltrato. El riesgo de un desarrollo cognitivo deficitario es mayor para ellos. «Estos niños necesitan que en la guardería se les ofrezca una gran variedad de estímulos y que se les apoye en su camino a la integración en la sociedad», comenta Rösler.

Pero no se requieren aulas especiales en las que se impartan las tablas de multiplicar y la ley de la gravedad. «Una estimulación temprana no significa una escolarización anticipada», remarca el psicólogo. Renz-Polster respalda esa idea: «No existe ningún indicio de que un niño sea más listo por experimentar un aprendizaje estructurado y precoz. Los niños aprenden a través de la propia investigación organizada de su entorno, es decir, mediante el juego libre y creativo».

Cuando se sientan y juegan en los cajones de arena, aprenden por sí mismos que las cantidades pueden ser grandes o pequeñas o que los objetos caen desde las manos al suelo. Oyen cantar a los pájaros, huelen el pastel que se hornea, inspeccionan los juguetes que se les dan. Pablo, mientras juega, descubre que la pieza de construcción circular rueda, que la madera es dura y que su superficie es lisa.

Controlar el propio comportamiento

Por último, los expertos dirigen su foco de atención hacia las competencias sociales y emocionales. Sobre todo, se ocupan de la autorregulación o autocontrol: la capacidad de controlar e influir en el propio comportamiento y los sentimientos [*véase* «Autocontrol, el secreto para triunfar», por Roy F. Baumeister; Mente y Cerebro n.º 74, 2015]. Los niños que dominan esta capacidad son menos impulsivos, planean mejor sus acciones y pueden esperar las recompensas durante más tiempo. También establecen antes relaciones de confianza duraderas, vencen el estrés más fácilmente y son más tenaces al perseguir objetivos. Ello repercute en el éxito escolar y laboral.

Distintos estudios demuestran que la dimensión en la autorregulación de la primera infancia permanece relativamente estable durante la juventud. En un trabajo longitudinal ya clásico, los investigadores estudiaron a más de 1000 individuos neozelandeses a lo largo de unos treinta años. No solo observaron y encuestaron a los niños, posteriormente adultos, sino que pidieron información sobre ellos a sus padres y profesores. Descubrieron que los sujetos que entre los tres y los cinco años se podían controlar a sí mismos tenían menos problemas financieros, eran más sanos y raras veces habían cometido un delito de adultos. Por tanto, junto con el origen social y la inteligencia, la autorregulación influía en el futuro de los probandos.

¿Cómo puede ayudarse a los niños a que desarrollen esta capacidad tan importante? Depende, sobre todo, de la relación con la persona de referencia, indican los investigadores. Los niños con padres que les trasmiten abrigo y seguridad pueden enfrentarse mejor con las situaciones de estrés, sus sentimientos y necesidades que los que no sienten esa seguridad. En cambio, los hijos de adultos sobrecargados o violentos presentan, según los estudios, un riesgo más elevado de sufrir problemas de autorregulación. Necesitan un apoyo determinado.

Sin embargo, por ahora no se ha descrito con detalle cómo debe ser esa ayuda. Rösler se muestra reservado. «Es posible, pero difícil, crear para un niño desatendido una relación alternativa segura con una persona de confianza a tiempo parcial, como por ejemplo una educadora, sobre todo si en casa experimenta de nuevo estímulos negativos», indica. El psicólogo aboga por la

construcción de centros en los que se forme a los padres y a las madres en el trato con su hijo. «Sin embargo, eso resulta laborioso y cuesta dinero, lo que supone un obstáculo», señala Rösler.

El pediatra Renz-Polster considera revolucionario que los científicos de la academia Leopoldina realcen, junto con el lenguaje y la inteligencia, el desarrollo temprano de las habilidades sociales y emocionales. Afirma que una relación segura constituye la base para el aprendizaje durante los primeros años de vida. «Solo un niño que se siente seguro quiere descubrir el mundo, y es capaz de controlar su propio proceso de aprendizaje», explica. Como el pequeño Pablo. Junto con su educadora, descubre la pieza de construcción.

Los investigadores se muestran de acuerdo en que un sector de la población infantil requiere ese tipo de recursos sin falta: los hijos de las familias desfavorecidas. Desde la academia Leopoldina reivindican que la sociedad invierta más dinero en la formación temprana de esos niños con el objetivo de aumentar sus posibilidades académicas, laborales y sociales.

Se necesitan más instalaciones de calidad, con educadores bien formados y grupos de alumnos reducidos. Sin embargo, en la actualidad, la mayoría de las ciudades y municipios no pueden ofrecer esos recursos. El cambio todavía se hará esperar. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 74

PARA SABER MÁS

A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. T. E. Moffitt et al. en *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 108, págs. 2693-2698, 2011.

Dorsal and ventral pathways in language development. J. Brauer et al. en *Brain Language*, vol. 127, págs 289-295, 2013.

Sensitive periods for the functional specialization of the neural system for human face processing. B. Röder et al. en *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 110, págs. 16.760-16.765, 2013.

Die Kindheit ist unantastbar. H. Renz-Polster. Beltz, Weinheim, 2014.

EN NUESTRO ARCHIVO

Antes de saber hablar, los niños pueden pensar. Sabina Pauenen en *MyC* n.º 5, 2003.

Efecto Mozart. Ralph Schumacher en *MyC* n.º 24, 2007.

Juegos de ordenador educativos. Frank Schubert en *MyC* n.º 41, 2010.

Así piensan los bebés. Alison Gopnik en *IyC*, septiembre de 2010.

El cerebro bilingüe. Albert Costa, Mireia Hernández y Cristina Baus en *MyC* n.º 71, 2015.

Suscríbete a CUADERNOS

Ventajas para los suscriptores:

- **Envío** puntual a domicilio
- **Ahorro** de hasta un **13 %** sobre el precio de portada
- **Acceso gratuito** a la edición digital de los números incluidos en la suscripción

Monografías de aparición cuatrimestral sobre los grandes temas de la psicología y las neurociencias

www.investigacionyciencia.es/suscripciones **Teléfono: +34 934 143 344**

MÉTODOS DE APRENDIZAJE Realizar un examen preliminar antes de entrar en materia de estudio constituye una buena estrategia para el aprendizaje, sobre todo cuando se fallan las respuestas

Ventajas de los yerros

HENRY L. ROEDIGER III Y BRIDGID FINN

Educadores y pedagogos propugnan desde hace años la «enseñanza sin errores», es decir, aconsejan a docentes (y a estudiantes) crear condiciones de estudio que no permitan errores. La idea que inspira tal principio arraiga en que los estudiantes que yerran recordarán los fallos, por lo que no aprenderán la información correcta o, en todo caso, la adquirirán con mayor dificultad.

Sin embargo, ciertas investigaciones muestran que tal temor es injustificado. De hecho, los estudiantes aprenden mejor si se les proponen situaciones en las que se les «obliga» a cometer errores. En concreto, la recordación es más completa y duradera si las pruebas propuestas son tan difíciles que resulta inevitable equivocarse en ellas. Este fenómeno tiene aplicaciones obvias en la enseñanza, pero, además, resulta útil a todo aquel que esté tratando de asimilar conocimientos nuevos de cualquier tipo.

Primero preguntar, luego estudiar

Los psicólogos Nate Kornell, Matthew Hays y Robert Bjork demostraron que los intentos infructuosos de ofrecer respuestas correctas facilitan el aprendizaje. Estos investigadores, por entonces en la Universidad de California en Los Ángeles, informaron en el número de julio de 2009 del *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, que los estudiantes que fallaban al tratar de responder a preguntas de un test antes de que se les facilitase la respuesta correcta, recordaban mejor la información que si se limitaban a estudiarla.

En uno de los experimentos se pidió a los estudiantes que aprendiesen pares de asociados laxos, es decir, pares de palabras que guardaban cierta relación entre sí aunque no muy estricta (*estrella-noche*, *factoría-industria*). Se trata de asociaciones débiles porque, al anunciarle al probando el primer término, la probabilidad de que genere la palabra diana es solo de un 5 por ciento. A estudiantes sometidos a una prueba preliminar se les proporcionó la primera palabra de cada par (*estrella-¿?*) y se les pidió que produjesen el segundo término, que tendrían que recordar más tarde. Disponían de ocho segundos para ello. Con las probabilidades en su contra, prácticamente ninguno de los sujetos acertó en la palabra correcta (en el caso de *estrella-¿?* solían responder «brillante» o «astro»). Después de la tentativa, se les facilitaba el par diana (*estrella-noche*), el cual podían memorizar durante cinco segundos. A otro grupo de estudiantes se le concedió 13 segundos para estudiar cada pareja de vocablos. Así pues, en ambos casos, los probandos dispusieron de 13 segundos para estudiar los pares.

Los voluntarios recordaban mucho mejor las parejas de palabras cuando trataban de adivinar la respuesta antes de que se les facilitara la solución. En cierto modo, ese efecto de intento a ciegas parece ir en contra de lo que se intuye a primera vista, a saber, que el estudio durante 13 segundos resulta más efectivo que el aprendizaje du-

LOS AUTORES

Henry L. Roediger III es profesor de psicología en la Universidad Washington de San Luis. *Bridgid Finn* investiga en el departamento de ciencia cognitiva del Servicio de Evaluación Educacional (ETS), en Princenton.

De los errores se aprende más. Así lo demuestran varios estudios en los que se «obliga» a los probandos a responder de forma errónea.

ISTOCK / LITTLEWITZ

En síntesis: Examinar antes de aprender

1 Los estudiantes que tratan de responder un cuestionario sobre un tema antes de estudiarlo recuerdan mejor y durante más tiempo la materia nueva que quienes estudian sin examen previo.

2 La técnica puede usarse para recordar mejor cualquier tipo de información, no solo en el ámbito formativo.

3 En lugar de buscar un aprendizaje sin errores, los docentes deberían retar a sus alumnos a preguntarse acerca de un tema antes de estudiarlo.

rante cinco segundos. Si esos cinco segundos son precedidos por otros ocho de conjetura de la respuesta, el resultado es mejor. De hecho, el examen previo produjo un aumento en la recordación de lo aprendido del orden del 10 por ciento, cuando los estudiantes fueron examinados inmediatamente tras el aprendizaje, así como al cabo de transcurridas, por término medio, 38 horas.

Refuerzo de la memoria

No obstante, recordar pares de palabras guarda sus distancias con los ejercicios de examen que plantean los profesores. En un artículo del *Journal of Experimental Psychology: Applied*, los psicólogos Lindsey E. Richland, Nate Kornell y Liche Sean Kao investigaron en 2009 el mismo fenómeno, si bien se valieron de material educativo más relevante: un ensayo sobre el libro *Un antropólogo en Marte*, de Oliver Sacks. Se pidió a ciertos estudiantes que leyeran el texto con el fin de prepararse para un examen del mismo. Otros, en cambio, realizaron un examen sin un aprendizaje previo. De este modo, se les formuló preguntas sobre párrafos concretos («¿Cómo se llama la ceguera total a los colores provocada por una lesión cerebral?», entre otras) antes de que hubieran leído el escrito.

Al preguntarles con anterioridad, los alumnos prestaron mayor atención a los conceptos críticos del texto. Los psicólogos se valieron de varios métodos para controlar ese direccionamiento de la atención. A los estudiantes que leyeron el ensayo sin pasar por el examen previo se les concedió más tiempo para estudiarlo; otro método consistió en atraer su atención poniendo en cursiva el pasaje crítico, resaltando en negrita el término que se les iba a preguntar o mediante una combinación de estrategias. Sin embargo, en todos los experimentos se apreció una ventaja de aquellos estudiantes que habían conjeturado primero las respuestas. La mejora alcanzó alrededor de un 10 por ciento, porcentaje semejante al registrado en la serie de pruebas anterior.

Con el fin de asegurarse de que los efectos beneficiosos del examen previo no fueron mera consecuencia de haber visto las preguntas antes de leer el ensayo, sino que, por el contrario, se debieron al intento de responderlas, los autores incluyeron a un tercer grupo de probandos en la investigación. También aumentaron el número de participantes que disponían de más tiempo para estudiar el texto. Antes de acometer el examen, se pidió a los miembros del nuevo grupo que estudiasen con detenimiento las preguntas, tratasen de memorizarlas y las anotasen después en una hoja de papel con el fin de examinar más adelante a otros estudiantes. Aunque los probandos que memorizaron las preguntas obtuvieron mejores resultados en el examen final que los que estudiaron el ensayo sin haberlas visto antes, su rendimiento no fue superior al de los voluntarios que habían tratado de responder por cuenta propia las cuestiones antes de leer el texto.

Dicho de otro modo: el intento de contestar las preguntas y el subsiguiente fracaso en acceder a la información aportaron a los sujetos preexaminados un mejor rendimiento en el aprendizaje. Los investigadores sugieren incluso que la mayor retención en el grupo que había

Técnica útil para el aprendizaje

Los estudiantes también pueden utilizar la «estrategia del error» por cuenta propia para mejorar su aprendizaje. Para ello tan solo se requiere echar un vistazo a las preguntas que aparecen al final de cada capítulo del libro de texto y tratar de responderlas antes de estudiar el tema. Si el material de estudio no incluye un cuestionario, se pueden convertir en preguntas los títulos de sección. Póngase por caso que la temática de la lección estriba en «Condicionamiento pauloviano». El interesado puede preguntarse: «¿Qué es el condicionamiento pauloviano?, ¿En qué consiste?», y responder según el propio criterio. A continuación, lee el capítulo a la vez que va resolviendo los interrogantes que se ha planteado al inicio. Concluido el capítulo, vuelve a las preguntas y trata de contestarlas de nuevo. Cada vez que falle alguna, torna a estudiar la sección del capítulo correspondiente. Al cabo de unos cuantos días, trata de responder de nuevo a las cuestiones (repasa cuando sea necesario). Si se mantiene ese hábito durante todo el curso, se habrá aprendido un contenido que podrá recordarse mucho después de haberlo aprobado.

AGE FOTOSTOCK

A quienes tengan que estudiar les resultará ventajoso hacerse preguntas sobre la información que todavía no han aprendido.

de memorizar las preguntas se debió al esfuerzo mental que efectuaron para responder las cuestiones, a pesar de que no se les había pedido que lo hicieran.

El porqué de los exámenes

Según propone el fenómeno psicológico «efecto de examen», evaluar a los sujetos de la materia que han aprendido favorece que recuerden mejor el conocimiento adquirido que si se dedican a un estudio continuado. Uno de los autores (Roediger) y Jeffrey D. Karpicke, de la Universidad de Washington en San Luis, mostraron en 2006 que el desarrollo de un test de memoria reforzaba la retención posterior. Para ello solicitaron a dos grupos de probandos que estudiaran pasajes en prosa. Mientras que unos tuvieron que realizar, inmediatamente después, entre una y tres pruebas de recordación libre, sin retroalimentación, los otros participantes estudiaban el contenido el mismo número de veces que el grupo de examinandos. Según pruebas posteriores desarrolladas a los dos días y al cabo de una semana, se apreció una diferencia sustancial entre ambos grupos: mientras que los estudiantes que se habían examinado recordaban alrededor del 60 por ciento de la materia aprendida, quienes se dedicaron a estudiar sin más solo rememoraban un 40 por ciento de lo estudiado. Ello muestra que los exámenes resultan ventajosos como estrategia de enseñanza y aprendizaje. Asimismo, los exámenes previos al estudio pueden mejorar la recordación, como han demostrado Kornell y sus colaboradores.

Con todo y pese a que se desconocen los mecanismos neuronales responsables del «efecto examen», en lugar de buscar un aprendizaje sin errores, los docentes deberían retar a sus alumnos a preguntarse y responderse acerca de un tema antes de estudiarlo (táctica que, forzosamente, conlleva errores). Tal estrategia resulta válida para cualquier tipo de materiales, no solo libros de texto. Al instarnos a recuperar o generar las respuestas, mejoramos nuestra recordación. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 54

© *Scientific American Mind*

PARA SABER MÁS

Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. Henry L. Roediger III y Jeffrey D. Karpicke en *Psychological Science*, vol. 17, n.º 3, págs. 249-255, marzo de 2006.

Unsuccesful retrieval attempts enhance subsequent learning. Nate Kornell, Matthew Hays y Robert Bjork en *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, vol. 35, n.º 4, págs. 989-998, julio de 2009.

The pretesting effect: Do unsuccessful retrieval attempts enhance learning? Lindsey E. Richland, Nate Kornell y Liche Sean Kao en *Journal of Experimental Psychology: Applied*, vol. 15, n.º 3, págs. 243-257, septiembre de 2009.

EN NUESTRO ARCHIVO

Técnicas para la estimulación del aprendizaje. Gary Stix, *en este mismo número*.

TÉCNICAS DE ESTUDIO Existe un acuerdo creciente sobre la necesidad de que el alumno regule su propio aprendizaje. ¿Cuáles serían los componentes principales del proceso?

Aprendiendo a aprender

SILVIA JIMÉNEZ TORRES Y LUIS RAIMUNDO GUERRA CID

El fracaso escolar preocupa a estudiantes, padres, profesores y a la sociedad en general. Según el Instituto Nacional de Calidad y Evaluación, la tercera parte de los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) obtiene calificaciones negativas. En la enseñanza media, un 32 por ciento del alumnado repite curso, un 35 por ciento no termina con éxito segundo de ESO y el 48 por ciento no supera el bachiller. En la universidad, el abandono de los estudios ronda el 50 por ciento. Según el Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa (CNICE), las causas más reseñables que pueden influir en el fracaso escolar serían intelectuales, motivacionales, orgánicas y emocionales, además de la carencia de técnicas, la falta de esfuerzo y los hábitos de estudio incorrectos y la programación inadecuada.

Sin embargo, a menudo, los estudiantes fracasan en unas asignaturas, pero no en otras. Datos del CNICE indican que en matemáticas y lengua el fracaso es mayor. En el Informe del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes —más conocido como PISA— de 2013, España quedaba por debajo de la media europea en matemáticas. ¿A qué se debe ese dispar rendimiento entre unas asignaturas y otras? ¿Por qué existen tantas diferencias entre los alumnos? Suele responderse que las causas de estas diferencias residen en la inteligencia, la personalidad, los problemas emocionales, los conocimientos previos, la falta de motivación y los trastornos de aprendizaje, entre otros motivos.

Del aprendizaje autorregulado, en el que el estudiante decide lo que tiene que aprender y la manera de hacerlo, se dice que es el que da sentido y significado a lo que se aprende. Lo importante no es saber cuánto conocimiento ha adquirido el alumno (nota del examen), sino conocer la estructura y la calidad de ese conocimiento, así como los procesos utilizados para aprenderlo.

El aprendizaje es un proceso socialmente mediado, pues requiere la intervención del profesor y la implicación

En síntesis: Motivación, estrategias y metas

1 El aprendizaje es un proceso socialmente mediado, puesto que requiere la intervención del profesor y la implicación activa del estudiante.

2 La motivación y las estrategias cognitivas y autorreguladoras constituyen los pilares en el aprendizaje consciente del alumno. Sin ellas, es probable que fracase.

3 El concepto de motivación incluye metas de aprendizaje y de rendimiento. Las primeras se centran en la tarea; las segundas, en la capacidad de su ejecución.

iSTOCK / VGAJIC

El aprendizaje es un proceso complejo que requiere la implicación del profesor y la participación activa del alumno.

activa del alumno. Las estrategias que el escolar utiliza resultan primordiales para aprender. (No se estudia con la misma predisposición la asignatura preferida que la aborrecida.) La motivación constituye un componente necesario de la conducta estratégica. Ante una tarea de aprendizaje, el estudiante se pregunta: «¿Qué quiero conseguir con esto, y qué hago para conseguirlo?» Motivo y estrategia, combinados, son pilares en el proceso de aprendizaje del alumno consciente.

Para obtener mejores rendimientos académicos, deben aplicarse esas estrategias cognitivas unidas a estrategias autorreguladoras (supervisión de la comprensión, establecimiento de metas y gestión del esfuerzo y la tenacidad). Para que el escolar emplee tales estrategias debe mostrar disposición para aprender. La disposición implica motivación.

Cuando el estudiante se encuentra ante una determinada asignatura, debe preguntarse qué quiere conseguir. ¿Aprenderla? ¿Obtener buena nota? ¿Superarla para abandonarla? ¿Exceder en ella sobre sus compañeros? ¿Impresionar al profesor, a sus padres o al resto de la clase? ¿Profundizar en sus contenidos? Preguntas que conciernen al dominio de la meta académica que se proponga. Su determinación vendrá condicionada por su actitud ante la materia, y por sus expectativas de eficacia y de éxito, entre otros factores. Una vez decidida la meta académica, elegirá las estrategias de aprendizaje que va a utilizar para alcanzarla. A las intenciones y los motivos hay que añadir el control y la regulación que debe ejercer sobre la planificación y puesta en práctica de las estrategias más adecuadas. Si uno de esos pasos se frustra, se produce un bajo rendimiento académico.

LOS AUTORES

Silvia Jiménez Torres, doctora en psicología, es directora de formación del Instituto de Psicoterapia de Orientación Psicoanalítica y Antropología en Valencia (IPSA-Levante). *Luis Raimundo Guerra Cid*, doctor en psicología, dirige el IPSA-Levante.

Taxonomías de metas

La perspectiva de la orientación de las metas contempla la motivación como un constructo que explica el inicio, la dirección y la perseverancia de una conducta. Distingue entre metas de aprendizaje (intrínsecas) y de rendimiento (extrínsecas). Las primeras se centran en la tarea, mientras que las segundas contemplan la capacidad.

Intrínsecas	Extrínsecas
Metas de aprendizaje	Metas de rendimiento o ejecución
Metas centradas en la tarea	Metas centradas en el yo
Metas de tarea	Metas de ejecución o rendimiento
Metas de dominio o desafío	Metas de rendimiento o ejecución

Metas académicas

En el concepto de motivación entra un conjunto de procesos relacionados con la activación, la dirección y la persistencia de la conducta académica. La llamada perspectiva de la orientación de las metas considera la motivación como un constructo que explica el inicio, la dirección y la perseverancia de una conducta. Importa distinguir entre metas de aprendizaje y metas de rendimiento. Las primeras se centran en la tarea, mientras que las segundas contemplan la capacidad.

Los alumnos orientados hacia metas de aprendizaje se sienten absorbidos por la tarea y consideran el aprendizaje un fin en sí mismo. Se proponen la adquisición de conocimientos e incrementar su formación. Actúan con autonomía y libertad, prefiriendo los ejercicios que les suponen un reto aunque cometan errores. En cambio, los estudiantes que persiguen metas de rendimiento manifiestan interés por demostrar su capacidad o evitar parecer incompetentes; consideran los errores un fracaso y, por ello, suelen elegir las actividades fáciles en las que pueden sobresalir.

Entre las variables determinantes de la elección de un tipo u otro de metas académicas destacan la concepción de la inteligencia que tiene el estudiante, las atribuciones y las expectativas. En un trabajo desarrollado por uno de nosotros (Jiménez Torres), en la Facultad de Psicología de la Universidad de Salamanca, sobre las metas académicas en los alumnos de psicología, participaron 52 voluntarios que se habían matriculado por primera vez en las asignaturas de estadística inferencial, psicometría, y desarrollo adulto y envejecimiento. Observamos que las variables personales que influyen en la elección de las metas académicas diferían con la asignatura. El sentirse poco autoeficaces en una disciplina repercute a la hora de implicarse menos en su aprendizaje. En cambio, cuando los alumnos disfrutan con su estudio, se manifiesta una intención clara de aprender, con la consiguiente repercusión en el éxito académico.

ISTOCK / RICH LEGG

El estudiante debe hallarse motivado para lograr el control de su aprendizaje.

Estrategias de aprendizaje

Constituidas por una secuencia de actividades, las estrategias parten de la deliberación y la planificación del alumno, quien también las controla. Gracias a la práctica y al aprendizaje, el alumno automatiza sus destrezas. Ese dominio libera otros mecanismos mentales y permite que el sujeto preste mayor atención a aspectos importantes de la tarea. Técnicas de aprendizaje que se prestan fácilmente a la mecanización son la repetición, el subrayado, los esquemas, los apuntes, los árboles de desarrollo y las redes semánticas. Las estrategias se encargan de disponer lo necesario para resolver bien la tarea de estudio, determinar las técnicas más adecuadas que se van a utilizar, controlar su aplicación y tomar decisiones posteriores en función de los resultados.

Son muchas las actividades incluidas en las estrategias de aprendizaje: desde la selección y organización de la información hasta las técnicas para crear y mantener un clima de aprendizaje y concentración. Para lograr el aprendizaje, además de dominar las técnicas de estudio, es necesario conocer la génesis del aprendizaje y reflexionar sobre los propios procesos y productos del conocimiento.

Las estrategias de aprendizaje se podrían clasificar en cuatro grandes grupos: estrategias cognitivas, que incluyen las estrategias de selección o esencialización, repetición o ensayo, elaboración y organización; las estrategias metacognitivas o de autorregulación, que comprenden la capacidad de planificación, supervisión, revisión y

valoración; las estrategias de gestión, el manejo del tiempo, del entorno (recursos) y de la ayuda, etcétera; las estrategias motivacionales, orientadas al sostenimiento de los compromisos e intenciones de estudio, así como la defensa de la imagen y el bienestar personal.

Los estudiantes no siempre utilizan las estrategias adecuadas cuando se enfrentan al aprendizaje. Esto puede deberse a factores personales, como el desconocimiento de las estrategias adecuadas, no saber cuándo y cómo emplear las estrategias que forman parte de su repertorio, carecer de una base de conocimientos adecuada, perseguir metas personales que no favorecen el uso de estrategias adecuadas, la utilización de las mismas estrategias en todas las materias y la falta de una supervisión adecuada de la comprensión y el aprendizaje, entre otros.

No solo hay que enseñar al estudiante las técnicas (subrayar, toma de apuntes, hacer resúmenes, etcétera), sino también a planificarse y decidir la técnica más adecuada de acuerdo con varios criterios: el tipo y la cantidad de los contenidos de aprendizaje, los conocimientos que ya posee, las condiciones de estudio y el tipo de evaluación a la que se va a ser sometido.

El analizar las características y demandas de la tarea, el ser consciente de las posibilidades y limitaciones de uno mismo, el reflexionar sobre las expectativas y el valor concedido a la tarea, y el planificar y decidir qué estrategias son las más adecuadas para enfrentarse a la resolución de la misma, exige un alto grado de control y regulación sobre el propio proceso de aprendizaje. No todas las materias reclaman idénticas estrategias, ni siquiera todas las partes de una misma disciplina. Por tanto, aprender estrategias de aprendizaje, saber cómo, cuándo, por qué y dónde utilizarlas, así como ponerlas en práctica es garantizar el aprendizaje, aprender a aprender.

Motivación e intención

Con el fin de delimitar los tipos de enfoques que mejor definen el aprendizaje de los estudiantes, el psicólogo educacional y escritor australiano John B. Biggs señaló en 1985 que las expectativas que suelen generarse ante una situación de aprendizaje y que configuran los motivos o las intenciones del alumno para implicarse en la tarea eran tres: obtener una calificación con el mínimo esfuerzo, actualizar los propios intereses y manifestar públicamente la propia valía. Estos motivos van asociados a ciertas estrategias afines: reproducir lo que se percibe sin datos esenciales, comprender el significado de la tarea y organizar el tiempo y la dedicación adaptándolo a las demandas de la tarea. Estos tres motivos y estrategias se corresponden con tres grandes enfoques del aprendizaje: enfoque superficial, enfoque profundo y enfoque de logro, que indican tanto la forma en que un estudiante se enfrenta a la mayoría de las tareas de aprendizaje, como la forma en que se enfrenta a una tarea particular en un momento determinado.

La investigación ha puesto de manifiesto la relación entre la motivación del alumno y su enfoque del aprendizaje. Si el sujeto muestra interés por el contenido y por su relevancia (motivación intrínseca), refleja un enfoque profundo. El enfoque de aprendizaje suele ser superficial cuando predomina el miedo al fracaso. Por fin, el enfoque de aprendizaje tiende a ser de tipo estratégico si el alumno presenta una alta necesidad de logro o una elevada motivación por el éxito.

Es probable que el enfoque superficial se relacione con bajos niveles de rendimiento y con resultados de aprendizaje cualitativamente inferiores, mientras que los enfoques profundo y de logro se vinculen con altas calificaciones y resultados de aprendizaje superiores. También caben modos compuestos de enfoques. El enfoque de logro puede asociarse a una aproximación profunda o superficial en razón del contexto. Se desarrolla un enfoque logro-superficial cuando el alumno busca buenas notas, pero se conforma con reproducir el contenido para conseguirlas; es decir, no ahonda en la materia. Se desarrolla un enfoque logro-profundo, cuando, amén de buenas calificaciones, el alumno se propone dominar la asignatura.

En definitiva, lo importante no es la transferencia de información al estudiante, ni el aprendizaje de calidad equivale a un expediente brillante. El aprendizaje es un proceso con una intención, en que el alumno debe hallarse motivado para lograr su control. Pero el estudiante no aprende a autorregularse de la noche a la mañana, sino que necesita apoyo del instructor y conocer y experimentar los distintos recursos estratégicos. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 34

PARA SABER MÁS

The role of metalearning in study processes. J. B. Biggs en *British Journal of Educational Psychology*, vol. 55, págs. 185-212, 1985.

Las estrategias de aprendizaje: Características básicas y su relevancia en el contexto escolar. A. Valle et al. en *Revista de psicodidáctica*, vol. 6, págs. 53-68, 1998.

Enfoques de aprendizaje. A. Valle et al. en *Psycothema*, vol. 12, n.º 3, págs. 368-375, 2000.

Autorregulación del Aprendizaje y Estrategias de Estudio. R. González Cabanach et al. en *Estrategias de aprendizaje. Concepto, evaluación e intervención*, por J. A. González-Pienda et al. Pirámide, Madrid, 2002.

Adecuación de las metas académicas de los estudiantes a asignaturas de la licenciatura de psicología. Metodología de las Ciencias del Comportamiento. M. M. González-Tablas et al. Volumen especial, págs. 287-291, 2004.

La Estadística en la licenciatura de psicología: Metas académicas. M. M. González-Tablas et al. en *Motivos, emociones y procesos representacionales: De la teoría a la práctica*, dirigido por E. Barberá et al. Departamento de Psicología Básica, Universidad de Valencia, Valencia, 2004.

APRENDER A LEER La búsqueda del mejor método para enseñar a leer sigue preocupando a muchos educadores. La investigación científica permite actualmente encontrar respuesta a numerosos dilemas que se plantean

La enseñanza de la lectura

JESÚS ALEGRÍA, MARISOL CARRILLO Y EMILIO SÁNCHEZ

La enseñanza de la lectura ha recibido una atención considerable en los últimos años por parte de diversas disciplinas: la psicología, la lingüística, las neurociencias y la inteligencia artificial, entre otras. Las investigaciones realizadas han creado un sólido cuerpo de conocimientos sobre la naturaleza del acto de leer, sobre el proceso de adquisición de esta competencia y sobre las dificultades que encuentra el aprendiz en tal proceso. No obstante, y reflejando la enorme importancia que tiene en nuestra sociedad la alfabetización plena de toda la población, los debates sobre los métodos de enseñanza siguen siendo intensos.

¿Hay que enseñar a leer? Plantear esta pregunta presupone que pudiera no ser necesario hacerlo, que se puede aprender a leer como se aprende a hablar, es decir, sin enseñanza organizada sistemáticamente. Todos los niños adquieren su lengua materna sin programas de enseñanza ni maestros. Basta con la presencia de adultos que hablan sin intención de enseñar para que los niños aprendan sin voluntad de aprender. Aprender a leer, por el contrario, exige clases, programas, profesores, y a pesar de todos estos esfuerzos, plantea problemas a una proporción grande de niños. Sin embargo, algunos autores defienden la idea de que aprender a leer y adquirir la lengua materna no son conquistas fundamentalmente diferentes. Es cierto que muchos niños aprenden a leer con una facilidad asombrosa. Pero, junto a estos, se encuentran otros para quienes esta tarea es casi irrealizable. Tales diferencias individuales no se observan en la adquisición de la lengua materna, lo que respalda la idea de que aprender a leer y aprender a hablar entrañan mecanismos diferentes.

Existen dos familias de métodos de enseñanza de la lectura que se suelen presentar como mutuamente excluyentes: los métodos fónicos, que dan prioridad a la enseñanza del principio alfabético, y los métodos globales y sus derivados, que dan prioridad al significado que transmiten los mensajes escritos. Veremos que no existe ningún fundamento para aceptar esta oposición. Aunque la confrontación entre los defensores de uno y otro método es particularmente enconada en el mundo anglosajón, por razones que se expondrán más adelante, los planteamientos también son semejantes en las comunidades de lengua española.

Fonemas y grafemas

El método fónico se propone explotar los beneficios del principio alfabético que se halla en la base de nuestro sistema de escritura. Las unidades utilizadas en la escritura, letras y grupos de letras, los grafemas (la «c» de *casa* y la «ch» de *chal*, por ejemplo), representan de manera más o menos sistemática las unidades fonológicas de la lengua (los fonemas). El método fónico de enseñanza de la lectura considera que el principio alfabético debe ser presentado al aprendiz de manera explícita, sistemática

ISTOCK / EVGENYATAMANENKO

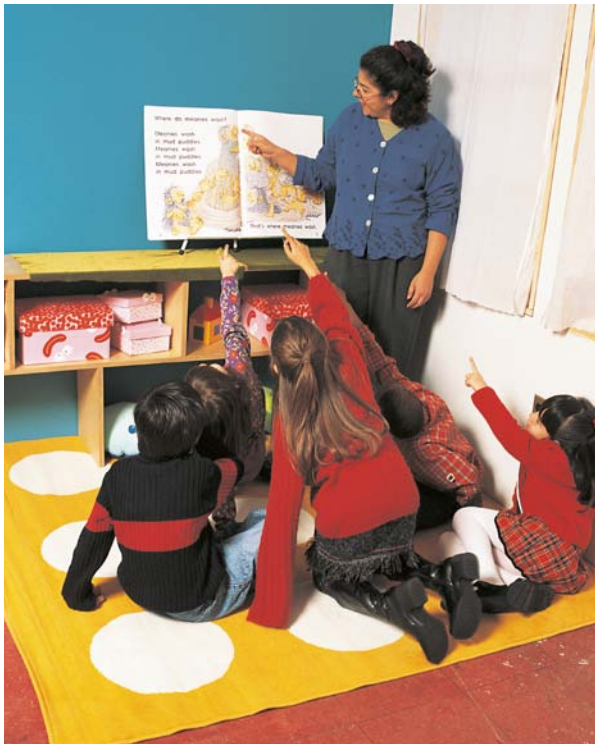
¿Debe basarse la enseñanza de la lectura en la asociación de grafemas y fonemas o ha de empezar por las palabras completas?

En síntesis: ¿Cómo enseñar a leer?

1 Existen dos estrategias de enseñanza de la lectura que se suelen presentar como mutuamente excluyentes: los métodos fónicos y los métodos globales.

2 Los estudios revelan que la fonología interviene en la lectura de palabras. Asimismo, la práctica de leer permite procesar las palabras de manera automática.

3 Para enseñar a leer es necesario combinar el aprendizaje de la fonología con la asimilación progresiva de lo escrito. La comprensión alfabética es indispensable.



TINA WEST

Los métodos globales toman como unidad de aprendizaje la palabra completa. La irregularidad ortográfica del inglés podrá ser una razón para optar por este enfoque en esa lengua.

y temprana. *Explícita* significa que el maestro debe ayudar al alumno a comprender la relación que existe entre grafemas y fonemas sin esperar que este descubra espontáneamente tal relación. *Sistemática* quiere decir que la enseñanza debe organizarse siguiendo un orden preciso, determinado por consideraciones teóricas y prácticas que toman en cuenta las dificultades que plantea el aislar ciertos fonemas. Los fonemas no son «los sonidos materiales» de que está hecha el habla, sino entidades abstractas. Por ejemplo, el fonema *p* es una abstracción: es lo que las palabras *papa*, *pipa* y *pe* (el nombre de la letra que lo representa) tienen en común al comienzo. Este fonema no puede ser concretizado materialmente en un sonido porque es imposible pronunciarlo sin una vocal. Por esta razón, la enseñanza de la correspondencia entre grafemas y fonemas será más exitosa si comienza con las vocales y las consonantes fricativas que pueden ser aisladas, y se espera que esto ayude al niño a comprender el principio alfabético. Por último, *temprana* se refiere a que el código alfabético debe presentarse desde el comienzo del programa de enseñanza.

El fundamento teórico de este método es que el dominio del sistema de correspondencias pone a disposición del niño una herramienta (leer) que le permitirá comprender el significado de cualquier palabra que encuentre. De ahí la noción de productividad que caracteriza al código alfabético.

Entre las críticas que se han formulado hacia este método, principalmente por defensores de propuestas metodológicas alternativas, cabe destacar tres. La primera: resulta poco estimulante para el aprendiz y le aleja de la dimensión funcional de la lectura, a saber, extraer significado y comunicar. En segundo lugar se encuentra su falta de eficacia, particularmente en algunas lenguas, como el inglés, en las que el código alfabético es poco productivo a causa de la falta de regularidad de las relaciones grafema-fonema. Esta crítica es de menos importancia en sistemas ortográficos más regulares, como el del español. Por último, algunos autores afirman que los niños poseen conocimientos intuitivos sobre la escritura (qué representa, cómo lo hace, para qué sirve) que el sistema de enseñanza fónico ignora, lo que podría llevar al niño a no operar con lo que ya posee y a adoptar una actitud pasiva ante el nuevo aprendizaje.

Mediante palabras

Los métodos globales aparecen como un *intento* de superar algunas de estas críticas. La proposición principal es que las unidades enseñadas sean las palabras completas. De esta forma se evitan los problemas de la falta de regularidad del código y, además, el aprendizaje se centra en unidades que tienen significado, abandonándose las que no lo tienen (grafemas y fonemas).

En un programa clásico de lectura global se empieza enseñando al aprendiz varias decenas de palabras hasta que las reconozca directamente, es decir, sin recurrir a la mediación fonológica (*luna*, *sol*, etcétera). Los alumnos utilizan el vocabulario visual así adquirido para leer y componer frases, pero estas actividades están limitadas por la cantidad de palabras memorizadas. Ante un vocablo desconocido, el aprendiz está obligado a adivinar su significado; el maestro lo animará a practicar esta actividad y no a buscar la correspondencia entre grafemas y fonemas. Versiones menos radicales del método plantean que el crecimiento del vocabulario visual requiere realizar discriminaciones cada vez más finas que pueden inducir al alumno a reparar en la fonología. Por ejemplo, para memorizar el significado de palabras como *luna*, *cuna*, *duna* o *tuna*, inferir el valor fonológico de la primera letra es importante. De esta manera, cabría suponer que si bien las correspondencias grafema-fonema no se enseñan (al menos explícita y sistemáticamente), el alumno puede llegar a operar con ellas de algún modo.

No obstante, los defensores de esta metodología asumen el principio teórico, defendido por el psicolingüista Frank Smith entre otros, de que la fonología no forma parte de los procesos que intervienen en la identificación de palabras escritas por parte del lector experto. En concreto, argumentan que la mediación fonológica hace más lento el acceso al significado y, consecuentemente, debería ser desterrada de la enseñanza. Es importante antici-

par que estas ideas han sido refutadas empíricamente durante los últimos años, como veremos enseguida.

En la línea de los métodos globales, la opción denominada lenguaje integrado pone el énfasis en el uso del lenguaje escrito en situaciones comunicativas reales. Según esta posición, el papel del profesor es el de ayudar al alumno a explorar y descubrir progresivamente las convenciones del lenguaje escrito a través de su uso en contextos naturales. Al lector principiante que no consigue leer un mensaje se le animará para que adivine su significado explotando todos los recursos disponibles: palabras que reconoce, sus propios conocimientos lingüísticos e informaciones sobre el tema, las ilustraciones que acompañan el mensaje o la comprensión de las intenciones del autor. Kennet Goodman, profesor emérito de la Universidad de Arizona, condensó esta noción en una frase célebre: «Leer es practicar un juego de adivinanzas psicolingüísticas». Esta afirmación tiene como consecuencia que el reconocimiento de palabras sea considerado un proceso secundario, una opción, en la comprensión de la lengua escrita. Para los defensores del lenguaje integrado no es necesario leer cada una de las palabras de un texto, pues el lector posee un poder predictivo basado en la redundancia del lenguaje y una capacidad de interpretación basada en sus conocimientos previos. Capacidad predictiva y conocimientos previos permiten al lector seleccionar de forma «inteligente», según sus necesidades e intereses, qué leer y qué dejar de lado. Esta proposición ha tenido una influencia considerable en la enseñanza de la lectura.

En el mundo hispanohablante se ha desarrollado otra metodología comunicativa con raíces en la teoría evolutiva constructivista de Jean Piaget. El fundamento de esta propuesta reside en que los niños que desde muy pequeños entran en contacto con la lengua escrita desarrollan de forma espontánea, esto es, sin enseñanza formal, ideas sobre lo que representa la escritura en el plano formal y funcional: qué distingue lo escrito de otras formas de representación gráfica, qué representan los signos ortográficos, para qué sirve la escritura. Los constructivistas han puesto al descubierto regularidades importantes en la evolución de las ideas que el niño desarrolla sobre la lengua escrita. A una edad temprana, distingue entre lo que es un dibujo y lo que es una palabra escrita y, de manera progresiva, establece relaciones entre lo oral y lo escrito hasta llegar a formular (implícitamente) hipótesis fonológicas. Por ejemplo, la hipótesis silábica supone que las sílabas que componen las palabras deben tener una representación gráfica diferenciada. Así, /cristina/ necesitará tres signos gráficos y /pedro/, dos.

La metodología constructivista plantea la enseñanza a partir de las «hipótesis» del niño y propicia en los aprendices el empleo de sus propios recursos para escribir. Es importante subrayar que el avance del alumno supone un acercamiento progresivo al código alfabético, y que si bien las reglas de transformación grafema-fonema, y viceversa, no se enseñan de manera sistemática, el aprendiz tendrá inevitablemente que descubrirlas o codescubrirlas con la ayuda del enseñante. Este crea situaciones que favorezcan la evolución de las ideas personales del niño sobre el lenguaje escrito. Por el contrario, en la metodología fónica, y también en la global, es el enseñante el que planifica la secuencia con la que se llevarán a cabo los aprendizajes.

Pero una revisión crítica de las opciones metodológicas presentadas no puede dejar al margen las aportaciones bien consolidadas de la investigación sobre los mecanismos o procedimientos de lectura de las palabras, su adquisición y sus dificultades.

¿Cómo leemos las palabras?

Esta cuestión puede parecerle extraña al lector experto. Nuestra impresión es que la identificación de una palabra escrita es instantánea y no deja lugar al estudio de procesos que podrían tomar tiempo y consumir energía por parte del lector. Sin embargo, el análisis de la lectura de

Comparación de métodos de enseñanza en Estados Unidos

Son numerosas las investigaciones que demuestran las ventajas de la enseñanza fónica en la lengua inglesa. En Estados Unidos existe una larga tradición de comparar los resultados obtenidos con diferentes métodos de enseñanza de la lectura. Entre los estudios recientes se encuentra el de la Academia Nacional de Ciencias de EE. UU., que, bajo el auspicio del Departamento de Educación, revisó más de 700 publicaciones. Llegó a la conclusión de que el reconocimiento de las palabras escritas es muy difícil si no se dispone del conocimiento de cómo las letras representan, de forma sistemática, a los sonidos. Además, sin tal conocimiento no es posible el progreso en el aprendizaje. Si un niño no puede apoyarse en el principio alfabético, el reconocimiento de palabras resultará lento y laborioso, lo que dificultará la comprensión de los textos.

Asimismo, el Panel Nacional sobre la Lectura, organizado por el estadounidense Instituto Nacional de Salud Infantil y Desarrollo Humano, efectuó un metanálisis de 38 estudios sobre instrucción fónica. Los resultados revelaron que la instrucción fónica sistemática aumenta el éxito de los niños en el aprendizaje de la lectura y resulta más efectiva que la instrucción que incluye poca, o ninguna, enseñanza fónica.

ISTOCK / EVGENYATAMANENKO

Antes de aprender a leer, los niños toman contacto con los textos escritos: aprenden la forma gráfica de las palabras y su disposición en las páginas y adquieren nuevo vocabulario, entre otros conocimientos. De esta manera, la lectura se convierte en una experiencia motivadora y plena de significado.

palabras demuestra que no es así. Las palabras frecuentes se identifican más deprisa que las menos frecuentes y los estudios de laboratorio muestran que este y otros factores, tales como la longitud de la palabra, su estructura ortográfica o la existencia de «vecinos» ortográficos o fonológicos (palabras similares ortográfica o fonológicamente; por ejemplo, son vecinas de *pato* las palabras *gato*, *palo*, *pata*, *pito*, entre otras muchas), determinan de manera previsible la duración y la precisión del proceso de identificación.

Los modelos elaborados para explicar estos resultados consideran que identificar una palabra consiste en establecer una conexión entre su forma ortográfica en el texto y los conocimientos que el lector posee en su memoria léxica sobre dicha palabra; conocimientos principalmente semánticos (su significado), sintácticos (tipo gramatical, género, etcétera) y fonológicos (su pronunciación). Esta conexión puede realizarse de dos formas. La primera acontece de manera directa y se produce cuando la palabra que se debe identificar forma parte del repertorio de palabras memorizadas que posee el lector, el denominado léxico ortográfico. La segunda procede por ensamblaje fonológico, esto es, traduciendo los elementos ortográficos de la palabra, letras y grupos de letras, a la forma fonológica correspondiente. Se trata, en este caso, de un reconocimiento indirecto que se produce a través de la representación fonológica de la palabra.

Actividad automatizada

Estos dos procesos funcionan de manera paralela y automática, lo que quiere decir que los procesos implicados en la lectura de palabras se ponen en marcha obligatoriamente en cuanto los ojos del lector fijan una palabra escrita. La voluntad del lector no desempeña ningún papel en este proceso y, por ello, no se puede evitar leer una palabra una vez que ha entrado en el campo visual, ni tampoco decidir si la palabra será procesada fonológica u ortográficamente.

Guy Van Orden, de la Universidad Estatal de Arizona, y sus colaboradores han demostrado elegantemente la intervención de la fonología en la lectura de palabras por medio de una tarea de toma de decisión semántica: contestar rápidamente si una palabra escrita pertenece o no a una categoría particular; por ejemplo, decidir si se trata o no de una flor. Los resultados muestran que palabras como *rows* («rema»), que se pronuncia igual que *rose* («rosa»), producen a menudo el error de apretar el botón de «sí». Por supuesto que el lector sabe que *rows* no es un nombre de flor, pero la tendencia a responder «sí» revela que la fonología de *rows*, que se activa de modo automático en el proceso de identificación de la palabra escrita, interfiere negativamente en la tarea semántica, sin que los sujetos puedan evitarlo. Este fenómeno, llamado efecto de homofonía, se observa también cuando se presentan pseudopalabras. Por ejemplo, en español, la pseudopalabra *habión*, homófona de avión, produciría interferencias en la tarea de decisión semántica «objeto que vuela» generando una tendencia errónea a responder apretando el botón de «sí».

Cabe agregar que los estudios minuciosos de Keith Rayner, de la Universidad de California en San Diego, y sus colaboradores sobre la manera en que los ojos recorren

un texto revelan aspectos de esta actividad que, de nuevo, no coinciden con nuestras intuiciones de lector. Tenemos la impresión de que los ojos se deslizan de manera continua a lo largo de las líneas de texto, pero la realidad es muy diferente. Los ojos proceden de modo discontinuo: se detienen en la palabra que leen durante unos 200 o 250 milisegundos como promedio (fijación ocular) y saltan, literalmente, a la siguiente en 30 milisegundos (movimiento sacádico). Los estudios sobre los movimientos oculares del lector experto muestran que se fijan casi todas las palabras de un texto y que la duración de las fijaciones depende del trabajo de identificación que exija la palabra (es menor en las palabras frecuentes que en las que no lo son tanto).

Todas estas investigaciones muestran que el procesamiento de las palabras que están escritas, aisladas o que componen un texto es una actividad automatizada en el lector experto. Sus cualidades intelectuales tienen poco o nada que ver en tal proceso. Por supuesto, el lector las ejerce en los procesos de comprensión de los textos: aplica sus conocimientos lingüísticos y conceptuales para extraer las ideas, relacionarlas entre sí y con los conocimientos previos, para realizar inferencias, e incluso para elegir inteligentemente dónde leer en función de sus intereses y necesidades.

Enseñar a un niño a leer consiste, por necesidad, en ayudarlo a elaborar un procesador de palabras escritas automatizado, pero es también enseñarle a encontrar las claves que permiten la comprensión de los textos y a buscar información en función de sus necesidades. Estos múltiples aspectos que engloba la enseñanza de la lectura son del todo diferentes y buena parte del debate sobre los métodos proviene de que los defensores de uno u otro hablan de enseñar a leer haciendo referencia a distintas cuestiones: crear y automatizar el procesador de palabras escritas, por una parte, y enseñar al niño a servirse de él con inteligencia, por otra.

La consciencia fonológica

El proceso de aprendizaje que lleva a la adquisición de los mecanismos de identificación de palabras es uno de los mejor documentados de la psicología cognitiva. En el caso del lector experto, vimos que existen dos procedimientos para la identificación de palabras escritas: uno directo u ortográfico, y otro indirecto o fonológico. En este último caso, el sistema atribuye fonemas a las letras o grupos de letras y, para aprender a hacer esta operación, el aprendiz tiene que comprender el código alfabético, lo que le exige haber aislado mentalmente los fonemas. Solo así el niño será capaz de concebir las palabras «sol» y «gol» como formadas cada una por tres fonemas, de los cuales es el primero el que distingue una de otra. Se ha dado el nombre de *consciencia fonológica* a esta capacidad. No se trata solo de poder discriminar auditivamente palabras que presentan diferencias fonológicas mínimas; esta última capacidad forma parte de los mecanismos de procesamiento del habla que se desarrollan de forma natural y el niño la posee incluso antes de empezar a hablar. Si no fuera así, no podría distinguir entre las palabras que oye y establecer correspondencias sistemáticas entre cada una de ellas y sus referentes. La consciencia fonológica se desarrolla más tarde y requiere un tipo de reflexión consciente que permita aislar mentalmente las unidades fonológicas que constituyen las palabras.

Ciertos aspectos de la consciencia fonológica preceden en su desarrollo al aprendizaje de la lectura. Se ha demostrado que los niños prelectores son capaces de segmentar una palabra en sílabas dando un golpecito o palmada por sílaba. Con unos pocos ejemplos y algo de entrenamiento, la mayoría de los niños de 4 y 5 años son capaces de hacer esta tarea. La hipótesis silábica (cada sílaba tiene que ser representada por un signo gráfico), descrita por los constructivistas, se basa en esta habilidad. Es evidente que el niño no podría desarrollar la hipótesis si no fuera capaz de concebir explícitamente las palabras como secuencias de sílabas. La consciencia de otros aspectos fonológicos del habla, como la rima, también se observan antes de aprender a leer. Los niños prelectores son capaces de realizar tareas que exigen esta habilidad. Por ejemplo, se les presentan tres dibujos —sol, gol y mar—, y se les pide que identifiquen el intruso (mar, en este caso), para lo cual el niño tiene que reconocer que las palabras *sol* y *gol* riman entre ellas, pero no con *mar*.

Sin embargo, las tareas que exigen la segmentación en fonemas son más difíciles. La supresión del fonema inicial, tarea clásica en este dominio, en la que se propone al niño una palabra como *sol*, a lo que tiene que responder *ol*, no está al alcance de los prelectores. Este ejercicio implica la consciencia fonémica, que es el aspecto más exigente de la consciencia fonológica. La consciencia fonémica es necesaria para la comprensión del código alfabético, ya que, para entender lo que representan las letras de una palabra escrita, el aprendiz tiene que ser capaz de aislar mentalmente los fonemas correspondientes en la palabra hablada. Esta habilidad no se desarrolla de manera espontánea, como han podido comprobar José Morais, de la Universidad Libre de Bruselas, y sus colaboradores con adultos iletrados: fueron incapaces de realizar la tarea de suprimir el fonema inicial. Por el contrario, un grupo de adultos del mismo entorno social que habían sido alfabetizados pudo llevarla a cabo. Del mismo modo, se ha comprobado que los lectores chinos que solo utilizan el sistema logográfico propio de esta lengua, que no representa fonemas, son incapaces de llevar a cabo la tarea de supresión descrita.

Estos resultados tienen una incidencia importante en la enseñanza de la lectura puesto que indican, primero, que la consciencia fonémica no se desarrolla espontáneamente; segundo, que la estructura fonémica del habla tiene que ser explícitamente revelada al aprendiz lector y, tercero, que esto no ocurre en general si no es en el

contexto del aprendizaje de la lectura en un sistema alfabético. Además, investigaciones como la efectuada por uno de los autores (Alegría) y sus colaboradores han revelado que la enseñanza de la lectura con el método global durante el primer año no permite al niño adquirir consciencia fonémica.

También Brian Byrne, profesor emérito de la Universidad de Nueva Inglaterra, realizó una serie de experimentos por medio de una versión de laboratorio de la enseñanza global de la lectura, en la que enseñaba a unos preescolares a memorizar parejas de palabras, entre ellas, *fat* («gordo»), asociándola con un dibujo que representaba un niño gordo, y *bat* («murciélago»), con la imagen correspondiente. Para verificar si de este aprendizaje el niño podía deducir de manera espontánea que la letra *f* de *fat* correspondía al fonema */f/,* puesto que es el sonido que distingue *fat* de *bat*, el autor proponía al niño una nueva palabra escrita, *fun* («diversión»), y le preguntaba si ahí decía *fun* o *bun* («bocadillo»). Los prelectores fueron incapaces de hacer esta transferencia. Además, una serie de pruebas suplementarias permitieron concluir que esta incapacidad se debe a la falta de consciencia fonémica en los aprendices, ya que estos mismos niños eran capaces de efectuar tareas equivalentes con unidades que representaban palabras y no fonemas.

Por otra parte, los estudios a largo plazo del entrenamiento metafonológico en distintas lenguas alfabéticas, incluido el español, han demostrado que la relación entre la consciencia fonológica y el aprendizaje de la lectura es de tipo causal: el entrenamiento de preescolares en tareas que desarrollan la consciencia fonológica favorece la adquisición de la lectura y la escritura. De este modo, obtienen resultados superiores a los de los niños que reciben un entrenamiento cuantitativamente equivalente, pero sin relación con la fonología (grupo de control).

De acuerdo con los hallazgos anteriores, los métodos fónicos presentan una ventaja con respecto a los métodos de enfoque global, en la medida en que empiezan temprano a explicitar el código alfabético, aportándole al aprendiz una forma autónoma de leer todas las palabras que encuentre. Es evidente, sin embargo, que la comprensión del código alfabético es necesaria pero no suficiente para lograr un procesador de palabras automatizado.

La automatización del reconocimiento de palabras escritas requiere una práctica prolongada de la lectura; los trabajos revelan que es la propia actividad de leer la que permite alcanzar este resultado. Así, el hecho de identificar una palabra en el curso de la lectura tiene un doble efecto. Por un lado, automatiza el proceso de ensamblaje fonológico y, por otro, crea poco a poco las representaciones ortográficas de las palabras leídas, es decir, encontradas e identificadas. Estas representaciones ortográficas son las que permitirán la identificación directa de tales palabras en encuentros ulteriores. Este es el fundamento de la noción de autoaprendizaje, un mecanismo que explica cómo el aprendiz de lector, en la medida en que disponga de los mecanismos fonológicos de base que le permitan identificar palabras escritas, podrá por sí solo mejorar el funcionamiento de su procesador de palabras.

Pero esta evolución es larga. Según ha comprobado uno de los autores (Sánchez) junto con sus colaboradores, la habilidad de los niños para leer palabras aisladas (rapidez y exactitud) al cabo de seis años de escolaridad presenta aún diferencias individuales importantes. Tales diferencias guardan una fuerte correlación con la comprensión de textos propios de ese nivel escolar. Y la relación se mantiene aunque se elimine la influencia de otras variables que también intervienen en la comprensión de los textos, como los conocimientos previos sobre el tema, la memoria de trabajo y la capacidad para operar con marcadores discursivos. Estos resultados sugieren que la eficacia del procesador de palabras no es aún perfecta en algunos alumnos al cabo de seis años de práctica y que el nivel de eficacia alcanzado determina, en gran medida, la habilidad de comprensión de textos del aprendiz.

Un argumento complementario en favor del uso temprano del código alfabético es el llamado efecto San Mateo, con el que Keith Stanovich, profesor emérito de la Universidad de Toronto, explica que las diferencias individuales al principio del aprendizaje de la lectura se acentúan, en vez de reducirse, con la escolaridad. Como en la parábola bíblica de los talentos, los buenos lectores progresan más rápido que los malos, simplemente porque leen más. De esta forma, los aprendices a los que se les facilita la adquisición del código alfabético se convierten pronto en lectores autónomos, y esta ventaja, que les permite leer mejor ya desde el inicio, constituye una poderosa motivación para leer más. Los progresos así alcanzados les van distanciando cada vez más de los niños que no han recibido la ayuda necesaria para dominar el código alfabético.

LOS AUTORES

Jesús Alegría Iscoa, *Marisol Carrillo Gallego* y *Emilio Sánchez Miguel* investigan los procesos psicolingüísticos y las dificultades en la adquisición de la lectura. Alegría es profesor de psicolingüística en el Laboratorio de Psicología Experimental de la Universidad Libre de Bruselas. Carrillo enseña psicología de la lectura en el departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación de la Universidad de Murcia. Emilio Sánchez se halla adscrito al departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación de la Universidad de Salamanca.

Dificultades para aprender a leer

La relación estrecha entre consciencia fonológica y lectura se refleja en que la primera constituye el mejor predictor que se conoce del éxito en la segunda. Además, disponemos de abundantes datos empíricos que demuestran que algunos niños inteligentes, capaces de realizar aprendizajes complejos, de aritmética por ejemplo, tienen dificultades serias para aprender a leer, lo que demuestra que la inteligencia no constituye una garantía de éxito en el aprendizaje de la lectura. Estos datos sugieren que aprender a leer es algo particular, que requiere capacidades específicas innecesarias para otros aprendizajes; además, todo parece indicar que estas capacidades son de naturaleza fonológica.

La definición clásica de la dislexia considera esta deficiencia como una dificultad específica del procesamiento de la lengua escrita, es decir, que ocurre en ausencia de problemas con la lengua oral. Esta noción era compatible, en principio, con la idea de que los disléxicos encontrarían problemas en la adquisición de la consciencia fonológica, pero no tendrían problemas fonológicos de base que dificulten la percepción y producción del habla. Hoy se acumulan datos que muestran que los disléxicos también tienen deficiencias fonológicas sutiles en el procesamiento del habla, si bien estas deficiencias solo aparecen en condiciones de audición experimentales más exigentes que las naturales. También es deficiente en los individuos con dislexia la memoria de trabajo basada en la fonología, que permite integrar las palabras en frases. Esta deficiencia se manifiesta más en el procesamiento de la lengua escrita que en el del habla, porque la primera representa una carga de memoria superior a la segunda, sobre todo cuando los procesos de identificación de las palabras escritas no han sido automatizados, como es el caso de los disléxicos.

Respaldan la explicación de la dislexia en cuanto deficiencia fonológica general (y no exclusivamente ligada a la lectura) algunas tareas concebidas para evaluar la accesibilidad de las representaciones fonológicas del habla. Se ha demostrado, por ejemplo, que los disléxicos son más lentos que los lectores normales en la tarea de nombrar imágenes, así como en ejercicios de fluidez verbal en las que se les pide que digan tantos nombres como puedan, pertenecientes a un campo semántico determinado (por ejemplo, nombres de animales) y en un tiempo limitado.

De conformidad con esta concepción de la dislexia, se ha podido demostrar, asimismo, que entrenar la consciencia fonológica de los niños que presentan dificultades de aprendizaje de la lectura produce beneficios apreciables.

Las dificultades de los disléxicos relativas a la consciencia fonológica y, consecuentemente, a la lectura serían el resultado de esta deficiencia fonológica más básica cuya existencia puede observarse con independencia de la actividad lectora. Así, en una sociedad sin escritura, se podría ser «disléxico» sin saberlo.

TINA WEST

En el método fónico se enseña directamente a asociar letras y sonidos. Múltiples estudios demuestran que, incluso en inglés, este es un paso necesario.

Sistemas transparentes o profundos

Buena parte de los resultados examinados hasta ahora se han obtenido con el inglés, por lo que cabe preguntarnos si pueden ser trasladados, sin más, a otras lenguas y, en particular, al español, cuya escritura refleja de manera más fiel la fonología.

Los sistemas de escritura con ortografía alfabética pueden clasificarse en superficiales y profundos, según respeten en mayor o menor grado la consistencia de las correspondencias entre grafemas y fonemas, esto es, que a cada fonema le corresponda un único y específico grafema. Entre los primeros, también denominados transparentes, se encuentran el español, el alemán y unas cuantas lenguas más que poseen sistemas fonológicamente consistentes. Los sistemas profundos u opacos presentan en mayor o menor medida irregularidades en las correspondencias fonológicas debido en parte a que también representan unidades morfológicas; es el caso del inglés y el francés. Así, en inglés, el pasado de los verbos regulares se escribe agregando *ed* al infinitivo (de *to walk*,«caminar» a *walked*, «caminaba»), pero esta terminación puede pronunciarse de tres formas diferentes: *t*, *d* e *id*, lo que crea una irregularidad en la traducción fonológica al mantenerse la terminación ortográfica fiel a la morfología verbal. Cuando la fonología y la morfología se hallan en contradicción, como en este caso, el inglés tiende a sacrificar la primera en beneficio de la segunda. Así, por ejemplo, la *a* de *nature* se pronuncia *ei*, mientras que la misma letra en *natural* se pronuncia *æ*. Esta falta de regularidad en el plano fonológico (la misma letra representando fonemas diferentes) preserva el parentesco morfológico entre las palabras *nature* y *natural*. En español, por el contrario, nos tomamos bastantes más

libertades con la morfología para preservar la fonología (el mismo radical lo escribimos con *g* en «proteger» y con *j* en «protejo»; con *z* en «caza» y con *c* en «cacería»).

Además, una diferencia notable entre la fonología del inglés y la del español, que tiene consecuencias importantes en el nivel ortográfico, es la distinta riqueza de los sistemas vocálicos de estas lenguas. El inglés tiene más de una decena de fonemas vocálicos y solo utiliza las letras *a*, *e*, *i*, *o*, *u*, clásicamente destinadas a la representación de vocales. Ello hace que estas letras, solas o combinadas, tengan que cumplir funciones múltiples y, como resultado, que se produzcan inconsistencias. Por el contrario, el español solo posee cinco fonemas vocálicos y esto le permite establecer una relación biunívoca entre fonemas y letras (a excepción del grafema *y*, con el que a veces se representa el fonema *i*).

Es interesante agregar que esta situación tiene incidencia en la enseñanza del código alfabético, dado que las vocales se prestan mejor que las consonantes para adquirir consciencia fonémica. El motivo es que las primeras tienen una duración mayor y pueden pronunciarse aisladamente (se le puede explicar al aprendiz que «pan» tiene una *aaaaa* pero será difícil que entienda que también tiene una *p*, imposible de pronunciar si no es agregando una vocal o de manera distorsionada). Así pues, el establecimiento de la relación entre los fonemas y las letras correspondientes se ve facilitado si se comienza por las vocales, y puede esperarse que este primer paso ayude al niño a la hora de generalizar el código a las consonantes. La situación es poco favorable en inglés porque, si bien las vocales pueden ser aisladas como en español, la relación bastante más compleja que existe entre ellas y las letras que las representan hace que el potencial didáctico de las vocales desaparezca. Por otra parte, aunque la ortografía del inglés sea bastante más coherente en lo que respecta a las consonantes, no puede eludirse el problema de que cuesta más aislar estas.

La conclusión de este análisis es que la adquisición del código alfabético tiene que ser más fácil en español que en inglés porque en español es más consistente. Ahora bien, si el código alfabético ha demostrado su eficiencia en inglés a pesar de su relativa falta de productividad, se puede esperar, en consecuencia, que en sistemas superficiales o transparentes como en el español este código sea *a fortiori* más eficiente.

En esta línea, los trabajos comparativos entre sistemas ortográficos diferentes indican que la adquisición de la lectura es más rápida en un sistema transparente. Por ejemplo, H. Wimmer y U. Goswami, del Instituto de Psicología de Salzburgo, han demostrado que la lectura de los nombres de los números en inglés (una lista como *three*, *two*, *eight*, etcétera) es lenta y aún plantea problemas a escolares de tercer año de primaria. En alemán (sistema transparente), por el contrario, esta habilidad está bien establecida a fines del primer año de primaria, es decir, más de dos años antes que en inglés. La diferencia entre los dos sistemas radica en la distinta complejidad del código y no en problemas de pronunciación que influyeran en los resultados. Para controlar este y, eventualmente, otros factores no pertinentes, los niños que participaron en el experimento tenían que «leer» también las cifras correspondientes (3, 2, 8, entre otros), lo que ponía a anglófonos y germanófonos en las mismas condiciones. Esta situación experimental no dio lugar a diferencias entre lenguas, lo que sugiere que la rapidez de aprendizaje se halla ligada a la mayor o menor transparencia del código fonológico.

Nuestros trabajos, en los que comparamos la rapidez de la adquisición de la ortografía léxica en francés (sistema profundo) y en español, confirman lo observado en la lectura. Dichas investigaciones tienen en cuenta el hecho de que la ortografía del español, a pesar de su carácter globalmente transparente, tiene un número relativamente importante de incoherencias que causan dificultades en la escritura. Por ejemplo, las sílabas /xe/ y /xi/ pueden escribirse con *g* o con *j*; la *h* inicial es muda y, por consiguiente, no se puede deducir de la fonología. Estas incoherencias son estrictamente idénticas en las dos lenguas comparadas: escribir «colegio», y «habitación» en español y «collège» o «habitation» en francés depende de la posesión de una representación memorizada de estas palabras en el léxico ortográfico, lo que a su vez está en función de la frecuencia con la que los niños hayan leído estas palabras. Los resultados muestran que muchos

CORTESÍA DE LOS AUTORES

Las actividades que facilitan al aprendiz el establecimiento de correspondencias entre partes de las palabras habladas (sílabas y fonemas) y partes de las palabras escritas (unidades ortográficas de tamaño silábico y grafemas simples) son fundamentales para el aprendizaje del código alfabético.

de estos vocablos resultan familiares a los aprendices, por lo que las escriben correctamente al cabo de pocos meses de escolaridad con métodos fónicos en español. En cambio, en francés hay que esperar más de un año para observar ese logro. Tal resultado es, en cierto modo, paradójico, si se piensa que el código fonológico es considerablemente más eficiente en español que en francés, lo que podría llevar al lector hispanohablante a basarse solo en el código y no darle importancia a la escritura lexical, cuantitativamente menos importante que en francés. Parece, por tanto, que el léxico ortográfico se desarrolla más rápido en español que en francés. Es probable que la ventaja de los hispanohablantes, comparados con los francófonos, se deba a que los primeros aprenden a leer más pronto que los segundos: los niños que leen antes pueden leer más, y el mecanismo de autoaprendizaje desarrolla la lectura y la ortografía lexical con más rapidez.

La conclusión de los trabajos comparativos indica que disponer rápidamente de un código fonológico eficaz desempeña un papel positivo en el proceso de aprendizaje de la lectura y la escritura. Ahora bien, los estudios que comparaban métodos de enseñanza de la lectura en inglés concluyen que enseñar el código fonológico favorece el aprendizaje, a pesar de que el código no sea muy productivo. Parece poco razonable pensar que enseñar el código fonológico en sistemas ortográficos, como el del español o el alemán, en los cuales es sumamente eficiente, pueda tener un efecto negativo. Por el contrario, el razonamiento basado en la idea de autoaprendizaje (a leer se aprende leyendo) sugiere que cuanto antes el niño sea capaz de leer de manera autónoma tendrá mayor ventaja, y que proporcionarle la clave del código, sobre todo cuando este es eficaz, va a contribuir a hacer de él un lector autónomo y así su propio profesor. Si se puede entender que los pedagogos de la lectura en inglés se hayan planteado el problema de decidir cuándo exponer al niño a un sistema de reglas complejo y poco productivo, parece más difícil comprender que las lenguas que poseen un sistema transparente no se aprovechen de su fortuna.

Una combinación indispensable

Una dosificación armónica de ingredientes de origen comunicativo y de origen fónico nos parece indispensable para afrontar el programa gigantesco de enseñar a leer a todos los niños. Ningún método excluyente puede pretender cubrir la totalidad del proyecto. Cada una de las familias de métodos se centra en aspectos específicos e importantes. La seducción que ejerce el lenguaje integrado en el medio educativo es comprensible y legítima. Corresponde a una filosofía de la enseñanza, en la cual se le da al aprendiz un papel activo y al profesor una sensibilidad aguda a los signos que indican dónde se sitúa exactamente el alumno.

Es a veces difícil entender la obstinación de algunos defensores del lenguaje integrado contra la fonología. La fonología es un aspecto de la lengua, como la sintaxis y la semántica, y como tal, forma parte de las adquisiciones que el niño tiene que realizar para elaborar una concepción adecuada de lo escrito. Hay que señalar que la fonología es el elemento específico fundamental de la lengua escrita, puesto que está fabricada con letras que representan los fonemas. La asimilación progresiva de lo escrito, a la que el niño se entrega en un contexto educativo constructivista, va a llevarlo a plantearse qué representan las letras, y el profesor sensible que lo acompaña va a tener que ayudarlo a comprender el código alfabético, una de las realizaciones magnas de la civilización. Se puede adivinar que la aversión que ejerce la fonología en algunos medios educativos proviene de fantasmas como el de imaginar al profesor con sus alumnos cantando un lunes por la mañana: «La, le, li, lo, lu; na, ne, ni, no, nu; ta, te, ti...». Los trabajos sobre la toma de consciencia de la estructura fonológica de la lengua no tienen gran cosa que ver con estas canciones.

Para concluir, un punto nos parece esencial. La comprensión del código alfabético es indispensable al comienzo del aprendizaje y el niño tiene que ser ayudado en esta tarea. Ahora bien, la manera de ayudarlo puede tomar formas diversas y deja una libertad considerable al profesor que haya entendido por qué es indispensable su auxilio. Se podría incorporar la filosofía del lenguaje integrado sin ninguna dificultad conceptual. Bastaría con que los defensores extremos de este método tuvieran en cuenta las consolidadas conclusiones de los estudios experimentales (y abandonaran su militancia).

Un programa de enseñanza de la lectura debe llevar al niño al punto donde pueda dedicar todos sus recursos intelectuales a comprender el sentido del texto que está leyendo. Toda la escolaridad está destinada a que los alumnos lleguen a leer de manera inteligente. La armonía a la que aspiramos podría ser entendida con una metáfora musical: una técnica irreprochable al servicio de la musicalidad. Esta última es lo único que importa, pero es inalcanzable sin la primera. ★

Artículo publicado en *Investigación y Ciencia* n.º 340

PARA SABER MÁS

Por un Enfoque Psicolingüístico del Aprendizaje de la Lectura y sus Dificultades. Jesús Alegría, en *Infancia y Aprendizaje*, n.º 29, 1985.

Lenguaje Integrado. Coordinado por Pablo del Río y Pilar Lacasa, en *Comunicación, Lenguaje y Educación*, n.º 25, 1995. Véase también la réplica (de Emilio Sánchez) y contra-réplica (de Pilar Lacasa) en *Cultura y Educación*, n.º 1, 1996.

Psicolingüística del Español. Compilación realizada por Manuel de Vega y Fernando Cuetos. Editorial Trotta, 1999.

Enseñar a Leer. María Clemente. Editorial Pirámide, 2001.

LENGUAJE A pesar de que leer parece una actividad sobre todo visual, se halla principalmente asociada con habilidades lingüísticas. La complejidad de la capacidad lectora requiere que los programas para su aprendizaje sean multidimensionales y se ajusten a las necesidades de cada niño

Cómo mejorar la lectura

SYLVIA DEFIOR

¿Qué es leer? Una maravillosa invención cultural que permite, entre otras cosas, «[...] conversar con los difuntos y escuchar con los ojos a los muertos», escribía Francisco de Quevedo. En el contexto de la investigación, la lectura ha suscitado un enorme interés desde los albores de la psicología científica. Edmund Huey, de la Universidad de Pittsburgh y pionero en este campo, reconoció en 1908 su complejidad en términos psicológicos: «Analizar por completo lo que hacemos cuando leemos sería el mayor logro para los psicólogos; sería describir uno de los muchos complejos trabajos de la mente humana y también desvelar la enrevesada historia de la actividad específica más excepcional que la civilización ha aprendido en toda su historia.»

Más de cien años después, se ha avanzado con creces en la comprensión de la lectura desde la perspectiva biológica, cognitiva y comportamental. La gran aportación del siglo XX fue poner de relieve la importancia de las habilidades **fonológicas segmentales** (los fonemas). Desde los inicios del XXI se está investigando con ímpetu la función que cumplen las habilidades **fonológicas suprasegmentales** (acento, tono, melodía, entonación, pausas, ritmo, etcétera).

LA AUTORA

Sylvia Defior es profesora del departamento de psicología evolutiva y de la educación en la Universidad de Granada.

Lectura y dislexia

Uno de los objetivos primarios de los niños que acceden a la escolaridad obligatoria es aprender a leer y escribir; sin embargo, muy pronto se lee y escribe para aprender. Ello otorga a las habilidades relacionadas con el lenguaje escrito el carácter de herramientas que deben utilizarse con destreza desde muy temprana edad, ya que resultan imprescindibles para el éxito académico futuro y, de modo general, para el desarrollo profesional y social. No sorprende, por tanto, que una parte de la investigación se haya dedicado a desarrollar procedimientos de mejora del aprendizaje de la lectura, tanto para niños con desarrollo normal como para los que presentan una dificultad específica de aprendizaje como la dislexia.

Hasta los años setenta y ochenta del siglo pasado, predominaron las visiones tradicionales de la lectura y de la dislexia: se consideraban, respectivamente, una actividad visuoperceptiva y un déficit visuoperceptivo-motor. A partir de esos años, empezaron a competir las concepciones psicolingüísticas propuestas por Frank Vellutino, de la Universidad de Albany, las cuales preva-

Algunos niños presentan más dificultades que otros a la hora de aprender a leer. Según estudios recientes, en la enseñanza de la lectura deben enfatizarse las actividades de lenguaje oral desde la educación infantil, entre otras medidas.

THINKSTOCK / SHELLPHOTO

lecen aún hoy en día. Dentro de lo que sería un modelo simple de la lectura, esta posee dos componentes principales: el reconocimiento de las palabras escritas (proceso específico) y la comprensión del lenguaje (proceso no específico que incluye la morfosintaxis, la semántica y la integración de los conocimientos previos, factores que comparte con la comprensión del lenguaje oral). El cruce de ambos componentes da lugar a los tipos de lector (*véase el recuadro* «Tipos de lector», *página 82*).

Como en otras ortografías alfabéticas, uno de los primeros pasos para aprender a leer en español es «romper el código» y comprender el principio alfabético subyacente. Es decir, se trata de ver las letras como señales de sonido, no como objetos perceptivos, y de aprender las reglas de correspondencia entre grafema y fonema (RCGF), las cuales resultan clave para automatizar la relación entre lo visual y lo fonológico. No obstante, esto no basta para convertirse en un lector experto: debemos aprender a reconocer las palabras con precisión y velo-

En síntesis:
Enseñar a leer y a comprender

1 En la enseñanza infantil deben prevenirse y detectarse con prontitud los riesgos de las dificultades lectoras. Los problemas que persisten en el tiempo pueden derivar en dislexia.

2 Las dificultades pueden presentarse en el reconocimiento de las palabras escritas, así como en la comprensión del texto. Aquí ejerce un papel importante el desarrollo del lenguaje oral del niño.

3 Para prevenir problemas de lectura, deben intensificarse las habilidades de consciencia fonológica y las de lenguaje oral de los escolares. La familia ha de involucrarse en el proceso y la mejora del aprendizaje.

cidad (automatización) y a leer los textos también con precisión y velocidad, así como con expresividad y comprensión. Ello implica enormes dosis de práctica y experiencia lectora. Sin embargo, en ambos procesos pueden surgir dificultades.

Algunos niños confunden letras, sustituyen unas por otras, invierten el orden, omiten, añaden, leen o escriben en espejo. Otros realizan cambios de sílabas o palabras, silabeo, repeticiones o vacilaciones, fenómenos que producen una lectura lenta, pese al gran esfuerzo. Si bien son síntomas de lectura inexperta, que se consideran «normales» en la fase inicial de aprendizaje, pueden convertirse en un problema si persisten en el tiempo y derivar, entre otros, en dislexia.

Existe un amplio consenso en que el origen de estas dificultades se halla en las carencias en el procesamiento fonológico, déficit que se considera clave de la dislexia en cualquier lengua. Las personas con dicho trastorno yerran en tareas de consciencia fonológica (contar el número de sílabas o fonemas de una palabra, decidir si dos o más palabras riman, clasificar vocablos por su sonido inicial o final) o son lentas (al denominar colores, objetos, dígitos o letras y en recordar listas de sílabas). La búsqueda de la raíz de los problemas fonológicos en la dislexia ha llevado a investigar con detalle la percepción del habla. Paula Tallal, codirectora del Centro de Neurociencia Molecular y de Comportamiento de la Universidad de Rutgers, viene proponiendo desde los años ochenta las alteraciones en la percepción de las transiciones rápidas entre sonidos como posible causa de dicho trastorno; sin embargo, sus resultados para demostrarlo resultan inconsistentes.

Recientes perspectivas sobre el desarrollo fonológico y la percepción auditiva critican la gran importancia que se ha dado a la **fonología segmental**; hablan de «tiranía de los fonemas», descuidando otras partes esenciales de la fonología: la suprasegmental y las señales acústicas que caracterizan los rasgos prosódicos del habla (acento, duración, intensidad, entonación, ritmo, etcétera).

Una prometedora línea de investigación en dislexia es la liderada por Usha Goswami, directora del Centro de Neurociencia en Educación de la Universidad de Cambridge. A partir de sus trabajos previos sobre los déficits de procesamiento auditivo rítmico, cuyo origen se relaciona con la duración del incremento de la amplitud de la señal auditiva o **tiempo de subida** (*rise time*), ha desarrollado la teoría del muestreo temporal. Según indica, el tiempo de subida influye en el desarrollo fonológico: las fluctuaciones en la intensidad subyacen a la estructura fonética, al ritmo silábico y del habla. En la dislexia, aquí se originarían algunos déficits prosódicos: la dificultad para identificar la sílaba acentuada de la palabra o la estructura métrica de las frases, para percibir o seguir patrones rítmicos o para reconocer voces, entre otros. Todo ello se traduciría en el desarrollo de representaciones fonológicas poco especificadas que, a su vez, impedirían un buen aprendizaje de las conexiones entre grafemas y fonemas. Por este motivo, se están desarrollando programas de intervención para la dislexia basados en la mejora de las habilidades fonológicas, y más recientemente, en las de percepción y acompasamiento rítmico.

Pero no solo existe el problema del reconocimiento de palabras. Otros niños presentan dificultades de compresión: entienden de manera incorrecta lo que leen, se quedan con la parte superficial o literal de los textos, y no logran hacer las inferencias necesarias para establecer una buena interacción entre texto y lector. Se cree que estas dificultades se deben, asimismo, a problemas lingüísticos, aunque en funciones de más alto nivel. Destacan la semántica (significado de las palabras y vocabulario) y los aspectos gramaticales (morfología, sintaxis y prosodia). Además, la escasez de conocimientos previos constituye la raíz de dificultades para desarrollar inferencias y, muchas veces, para el control metacognitivo de la comprensión o el uso adecuado de estrategias lectoras.

En suma, los dos grandes componentes de la lectura dan lugar a dos tipos de dificultades diferenciadas con origen distinto. Nos centraremos aquí en la mejora de los factores lingüísticos.

Estrategias para mejorar la lectura de palabras

La mayoría de los programas de aprendizaje de lectura y escritura que demuestran tener éxito en los niños con

CAPACIDADES FONOLÓGICAS NECESARIAS PARA LA LECTURA

FONOLOGÍA SUPRASEGMENTAL

Se refiere al conocimiento de los rasgos prosódicos del habla, como las habilidades de detección del acento (señala la posición del acento en «medico» y «medicó»), las pausas (distingue entre «no, espere» y «no espere») o la entonación de las palabras y frases (diferencias entre «Es viernes», «¡Es viernes!» y «¿Es viernes?»).

FONOLOGÍA SEGMENTAL

Describe el conocimiento sobre las unidades subléxicas de las palabras, es decir, cómo identificarlas, segmentarlas o manipularlas (¿Cuántas sílabas tiene «mesa»?; ¿Cuántos fonemas tiene «mesa»?; ¿Qué quedaría si quito «m» a «mesa»?)

TIEMPO DE SUBIDA (*RISE TIME*)

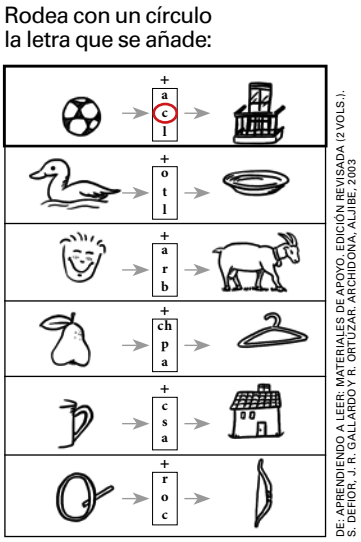
Corresponde al tiempo que tardan los sonidos en alcanzar su máxima amplitud. Su duración comprende milisegundos e influye en el sonido: cuanto más corto sea el tiempo de subida, más percusivo y agudo será el sonido; cuanto más largo el primero, más suave el segundo. Las pruebas evalúan la capacidad de apreciar esa diferencia entre los sonidos.

Entrenamiento de la consciencia fonológica

Uno de los aspectos que cabe tener en cuenta para prevenir problemas de lectura o tratar la dislexia son las habilidades de consciencia fonológica. A continuación aparecen algunos de los ejercicios que se proponen a los niños para tal fin.

«Una clasificación de las tareas utilizadas en la evaluación de las habilidades fonológicas y algunas ideas para su mejora». S. Defior en *Infancia y Aprendizaje*, vol. 73, págs. 49-63, 1996

Tarea	Ejemplo
1. Identificar la duración acústica	¿Qué palabra es más larga, «oso» o «mariposa»?
2. Identificar palabras	¿Cuántas palabras hay en...?
3. Reconocimiento de unidades	¿Se oye una /f/ en «café»?
4. Identificar rimas	¿Riman «bar» y «mar»?
5. Clasificar palabras	¿Empieza «foca» igual que «forro»?
6. Combinar unidades	¿Qué palabra oyes si te digo /s/, /o/, /l/?
7. Aislar unidades	¿Cuál es el primer sonido de «barro»?
8. Contar unidades	¿Cuántos sonidos oyes en «flor»?
9. Descomponer en unidades	¿Qué sonidos oyes en la palabra «baño»?
10. Añadir unidades	¿Qué palabra resulta si le añadimos /s/ a «alto»?
11. Sustituir unidades	¿Qué resulta al cambiar la /k/ de «col» por /g/?
12. Suprimir unidades	¿Qué palabra queda si quitamos /r/ a «rosa»?
13. Especificar la unidad suprimida	¿Qué sonido en «caro» no está en «aro»?
14. Invertir unidades	¿Qué palabra resultará si digo «sal» al revés?



DE: APRENDIENDO A LEER: MATERIALES DE APOYO. EDICIÓN REVISADA (2 VOLS.). S. DEFIOR, J. R. GALLARDO Y R. ORTÚZAR. ARCHIDONA, ALJIBE, 2003

Ejemplo de entrenamiento en habilidades fonológicas

desarrollo normal se centran en la mejora de habilidades fonológicas, lo que confirma la importancia de estas cuando se aprende a leer y a escribir. Numerosos estudios confirman la efectividad de enseñar explícitamente las RCGF en combinación con actividades para fomentar la consciencia fonémica (capacidad para pensar en los sonidos que componen las palabras; por ejemplo, los tres fonemas de *sal* son *s*, *a*, *l*).

Junto con Pío Tudela, también de la Universidad de Granada, llevamos a cabo un estudio sobre el entrenamiento de la consciencia fonológica. De una cohorte de 92 niños con desarrollo normal, seleccionamos a los 60 que presentaban una menor consciencia fonológica. Distribuimos, al azar, a estos probandos en cuatro grupos experimentales y uno de control. Se entrenó a todos, excepto a los de control, en una misma tarea: clasificar palabras mediante dibujos. Ahora bien, el criterio de clasificación así como el material de apoyo difería en cada caso.

Uno de los grupos debía clasificar las palabras en función de su sonido. Se les mostraban fichas con distintos dibujos (una foca, una rata, una rueda, una rama, un remo y un gato, entre otros), los cuales debían agrupar según si las palabras ilustradas empezaban igual. Se entrenó a otro de los grupos para que clasificara las palabras por categorías semánticas (animales o no animales, por ejemplo). El tercero se ejercitó también en sonidos, pero en su caso debían, además, asociar la palabra ilustrada con la letra de plástico que representaba el sonido. Los participantes del cuarto grupo clasificaban los dibujos por conceptos y debían asociarlos con la etiqueta en la que aparecía escrito su nombre (lectura global de las palabras). El grupo de control se dedicó a tareas manipulativas.

Los resultados mostraron que la actividad que combinaba pensar en el sonido de las palabras con aprender a asociar esos sonidos con su forma gráfica aportaba los mayores beneficios al aprendizaje de la lectura y la escritura de los niños. No obstante, cabe resaltar que esa ayuda desempeñaba su función en las fases iniciales de aprendizaje.

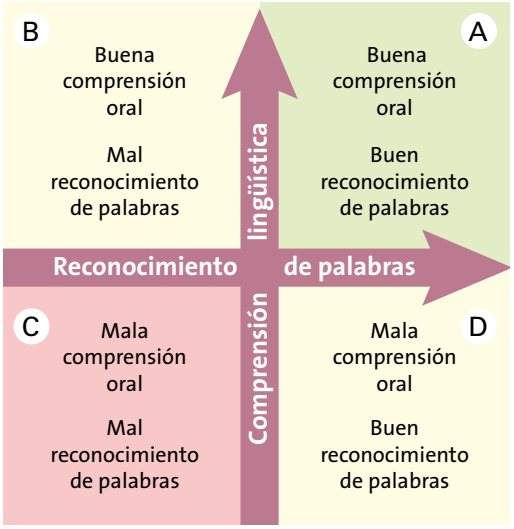
En 2000, el informe del Panel Nacional sobre la Lectura, llevado a cabo por encargo del Departamento de Educación de EE.UU. con el objetivo de evaluar los mejores procedimientos para enseñar a leer a los niños, estableció que explicar las RCGF mediante el método fonético y realizar actividades de consciencia fonológica constituyen dos de los pilares de la lectura, junto con la mejora de la fluidez, el vocabulario y la comprensión.

TIPOS DE DISLEXIA

La **dislexia evolutiva** (a la que se hace referencia en este artículo) se caracteriza por las dificultades en la adquisición inicial de la lectura. En cambio, la **dislexia adquirida** afecta a personas que, aunque eran lectores competentes, han perdido esta habilidad como consecuencia de una lesión cerebral (traumatismo, lesión vascular, etcétera).

TIPOS DE LECTOR

La combinación de los dos ejes muestra los cuatro tipos principales de lector según su comprensión lingüística y su reconocimiento de palabras. Los lectores que presentan competencia en ambas habilidades (buenos lectores) formarían parte del grupo *A*. Los lectores con dificultades en el reconocimiento de palabras (dislexia) pertenecerían al grupo *B*. En *C* se situarían los lectores con dificultades en ambas habilidades (malos lectores) por una variedad de causas. Y *D* englobaría a los lectores con dificultades en comprensión (malos comprendedores).



Basándose en esa idea, en la Universidad de Jyväskylä han desarrollado un programa por ordenador, GraphoGame, que promueve ambas habilidades y que ha demostrado su eficacia en niños con dificultades de aprendizaje, no solo en finés, sino también en otras lenguas, como el alemán, el inglés o el español.

Métodos para tratar la dislexia

Para los niños con dislexia, como hemos visto, la fonología supone un problema. Sus dificultades para acceder y manipular las representaciones fonológicas de las palabras provocan que tarden más en aprender las RCGF; asimismo, les impiden alcanzar la automaticidad necesaria en la lectura. Si bien los programas basados en actividades fonológicas y de lectura fonética han dado resultados positivos, la respuesta individual a la intervención es bastante variable. Incluso algunos niños se muestran resistentes al método.

Un programa que se postula como exitoso es el FastForWord, desarrollado por Tallal a partir de su teoría de que el problema reside en la percepción de las transiciones rápidas entre sonidos. Sin embargo, un reciente estudio de metanálisis pone en duda su eficacia: además de la percepción auditiva, el programa entrena otras habilidades fonológicas y la propia lectura, lo que no permite confirmar la teoría de su autora. Asimismo, se están verificando otro tipo de intervenciones acordes con la idea de que existen problemas en la fonología segmental y suprasegmental.

En 2013, Jennifer Thomson, de la Universidad Harvard, junto con Usha Goswami y Victoria Leong, de la Universidad de Cambridge, entrenaron a niños con dislexia para que mejoraran la discriminación de la amplitud de la señal auditiva, la percepción del ritmo no lingüístico y los patrones de acento métrico del habla mediante juegos musicales y un paradigma de habla reiterativa. Compararon los resultados con un entrenamiento basado en discriminar fonemas y con un grupo de control. Si bien ambos métodos mejoraron la consciencia fonológica y el lenguaje escrito de los escolares con dislexia, solo el de entrenamiento del ritmo incrementó su percepción del tiempo de subida de la señal auditiva en comparación con los probandos de control. Las autoras sugieren que una intervención que combine ritmo y fonemas podría resultar más efectiva que cada una por separado.

Existe abundante bibliografía que avala la utilización de actividades musicales como apoyo para el desarrollo de la consciencia fonológica y de las habilidades lectoras. En 2013, Goswami, junto con Adeetee Bhide y Alan Power, del Centro de Neurociencia de la Educación de la Universidad de Cambridge, publicaron un estudio en el que comparaban la eficacia de un entrenamiento rítmico musical con otro dirigido a mejorar las habilidades de consciencia fonológica y de lectura. Los resultados revelaron, de nuevo, que ambos son beneficiosos.

En conclusión, para prevenir problemas de lectura o tratar la dislexia, deben intensificarse las habilidades de consciencia fonológica, pero también se debe recurrir a juegos de lenguaje (canciones, poesías y rimas) que enfaticen los aspectos rítmicos, fonológicos y prosódicos, así como a actividades dirigidas a acompasar el movimiento con patrones rítmicos lingüísticos y no lingüísticos (dar palmadas, golpes, andar). Se trata de inducir el procesamiento de señales auditivas rítmicas de forma multimodal, estrategia que también contribuiría a mejorar los trastornos específicos del lenguaje.

La importancia de la práctica

La mayoría de los niños con dificultades de lectura aprenden a leer las palabras a costa de dedicar más tiempo y esfuerzo en ello que los demás. En el caso del español, la transparencia del código ortográfico supone una ventaja. No obstante, su lectura es lenta. Si bien la automatización del reconocimiento de las palabras se halla ligada a la mejora de los procesos fonológicos, también depende del incremento de las conexiones entre las secuencias de letras y la palabra correspondiente, que se consigue a través de la práctica. Una de las condiciones para esta automatización es el entrenamiento. Tal como postula el título de un artículo de Giuseppe Cossu, de la Universidad de La Sapienza: «Leer es leer, es leer, es leer».

Características de la intervención psicopedagógica

Además de un contenido adecuado, existen factores de enseñanza que contribuyen a mejorar la capacidad de respuesta de los niños con dificultades para leer. La intervención debería ser:

Temprana y preventiva. La mayoría de las diferencias en el aprendizaje de la lectura pueden explicarse por las habilidades que los niños presentan al iniciar la etapa escolar; estas tienen que ver, sobre todo, con el desarrollo del lenguaje. Se ha demostrado que el período infantil es el mejor momento para estimular esta capacidad y detectar o prevenir las dificultades: el fracaso acumulado de varios años es muy difícil de remediar.

Explícita. Los humanos están dotados de extraordinarias habilidades cognitivas que, a través de la experiencia, permiten extraer regularidades de su ambiente, las cuales constituyen una fuente de información esencial. Los niños usan esos patrones estadísticos para aprender sobre el lenguaje y la causalidad. Sin embargo, los escolares con dislexia presentan problemas en este aprendizaje implícito, como han demostrado varios estudios. La enseñanza en este caso y en el de los niños con dificultades para leer en general debe ser directa, es decir, que explicite al máximo aquello que deben aprender. Ello comprende desde el principio alfabético y el código de correspondencias entre grafemas y fonemas, pasando por el análisis de las palabras y el vocabulario, hasta las habilidades asociadas (fonológicas segmentales y suprasegmentales, rítmicas y de comprensión oral). Se recomienda una estimulación multisensorial.

Intensiva. Si la intervención no se desarrolla de forma intensiva, puede convertirse en una gota de agua en un mar de problemas. En el ámbito educativo y profesional, la escasez o el coste de los recursos conlleva, la mayoría de las veces, a primar la extensión (dedicarlos a muchos niños) en detrimento de la intensidad (número de sesiones). Para asegurar la eficacia de la intervención, resulta conveniente tener en cuenta que los niños con dificultades requieren una atención diaria. Debe trabajarse de manera individual o en grupos reducidos para garantizar la participación activa de todos los niños. Esta medida debe suplementar, no reemplazar, la enseñanza general en el aula.

Organizada y supervisada. El apoyo ha de ser sistemático, con una secuencia guiada y con retroalimentación inmediata de los errores. La práctica de las habilidades, con diversos procedimientos y materiales, requiere un ambiente de aprendizaje rico y actividades lúdicas y motivadoras.

Emocional. No deben olvidarse los aspectos emocionales, sobre todo, la autoestima y la motivación. Pueden utilizarse pequeñas recompensas para ello. También debe implicarse a la familia en el proceso: que practiquen la lectura con el niño, lleven a cabo juegos y actividades verbales y fomenten en casa el hábito de leer.

Ello se encuentra en consonancia con la teoría de Stanislas Dehaene, del Colegio de Francia, quien indica que aprender a leer conlleva el reciclado cultural de áreas cerebrales dedicadas a funciones evolutivamente más antiguas, como reconocer objetos o caras [*véase* «El cerebro y la palabra escrita», por G. Cook; Mente y Cerebro n.º 47, 2011]. Los humanos, con el objetivo de organizar el mundo fenoménico, están preparados para no tener en cuenta la orientación de los objetos, de modo que una taza es una taza, se vea con el asa a la izquierda, a la derecha, boca arriba o boca abajo. En cierto modo, para aprender a leer habría que «desaprender» esa función cognitiva y percibir como diferentes algunas letras según su orientación, a pesar de que sean espejo unas de otras (b-d, p-q). Muchos niños, al inicio del aprendizaje, leen y escriben en espejo o invierten algunos símbolos sin darse cuenta. El problema se presenta cuando esos errores se mantienen. Una hipótesis propone que los niños con dislexia, además de presentar déficits fonológicos, requieren más tiempo y práctica para desaprender esta habilidad.

La investigación también ha indagado medios para aumentar y motivar la lectura, puesto que los niños con dificultades para leer rehúyen esa actividad, lo que desencadena un círculo vicioso (efecto Mateo: cuanta más dificultad, menos ganas de leer). Sin embargo, se sabe que la lectura repetida constituye un método de mejora en sus más diversas formas: leer a solas, en compañía, con ayuda, a dos voces (en eco o sombra), mientras se escucha una voz lectora grabada, etcétera. En fecha reciente, Zivia Breznitz, de la Universidad de Haifa, ha investigado un procedimiento complementario: la lectura acelerada, la cual pretende activar los procesos cerebrales implicados en la lectura y, de esa manera, mejorar la eficiencia en esta actividad. ¿Cómo se consigue? Con ayuda de un programa informatizado, se presentan sílabas, palabras, frases o textos al niño para que los lea de forma repetida; en cada sesión se le insta a que acelere su lectura reduciendo el tiempo de exposición.

En 2011, junto con Francisca Serrano, de la Universidad de Granada, creamos un programa de intervención en fluidez lectora destinado a incrementar la rapidez de lectura en los niños con dislexia. El método compagina la lectura repetida y la acelerada. Consiste en 24 sesiones de entrenamiento individualizado por ordenador, cuya duración es de 40 a 60 minutos, según el ritmo del sujeto. En cada sesión, el niño lee de forma repetida y acele-

rada sílabas (unidad de reconocimiento en español), palabras y textos. Además, ejecuta actividades metafonológicas y ortográficas. Hemos constatado que el programa mejora la fluidez y la precisión lectora, la consciencia fonológica y la comprensión del texto. Además, resulta beneficioso a nivel emocional (incrementa la autoestima y la motivación), a tenor de los comentarios de los niños y sus familias.

Mejorar la comprensión

Si bien las dificultades en el reconocimiento fluido de las palabras escritas pueden suponer un cuello de botella para la comprensión, mejorar ese componente no es suficiente. Hay niños que presentan problemas específicos de comprensión a causa de otros factores, por lo que requieren otras formas de intervención.

En 2014, Juan C. Ripoll y Gerardo Aguado, de la Universidad de Navarra, clasificaron los métodos de mejora de la comprensión lectora en español que se han investigado hasta ahora en tres grupos: uno incluye las intervenciones basadas en la decodificación (habilidad fonológica, mejora del conocimiento de las letras, precisión en la lectura, fluidez); el segundo agrupa los métodos que consisten en estrategias de comprensión (activación de conocimientos previos, construcción de inferencias, organización de las ideas del texto, síntesis, como resúmenes o esquemas, y supervisión de la propia comprensión), y un tercero lo conforman las intervenciones que combinan estrategias del segundo grupo con otras técnicas (mejora del vocabulario, habilidades de razonamiento, respuesta a preguntas, motivación). Los autores señalan que las estrategias más eficaces parecen ser las del último grupo.

Por otro lado, la cantidad de escolares puede influir en la intervención en lectura: cuantos más alumnos, menos efectivos resultan los métodos. En otras palabras, los grupos deben ser reducidos (entre tres y cuatro niños). Asimismo, es aconsejable la enseñanza recíproca (el educador y los alumnos se turnan el puesto de profesor) como procedimiento de intervención.

Entrenar el vocabulario

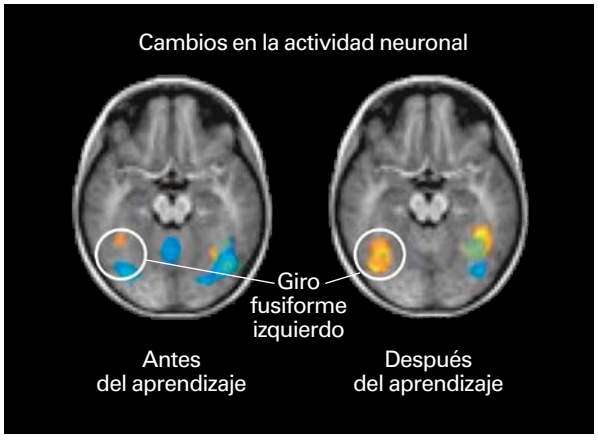
Existen numerosos estudios que confirman la importancia de la riqueza de vocabulario para la comprensión de la lectura. Con Clara Gómez, de la Universidad de Granada, comparamos dos métodos para entrenar este aspecto. En uno de ellos, los niños trabajaban definiciones; en el otro, aprendían a usar las palabras en distintos contextos. ¿Resultado? Ambas estrategias aumentaron el vocabulario de los participantes; además, el segundo método contribuía a que los escolares aprendiesen a derivar el significado de las palabras que les eran desconocidas. Sin embargo, no se obtuvo un efecto claro en relación a la comprensión lectora, fenómeno que se atribuye a la multiplicidad de factores que influyen en esta habilidad y a la dificultad para evaluarla.

Efectos de los programas de aprendizaje en el cerebro

Aprender a leer implica cambios tanto en la anatomía como en la activación cerebral. Ocurren a medida en que se va configurando, en el hemisferio izquierdo sobre todo, el sistema neural lector. De modo similar, la dislexia se encuentra asociada con alteraciones anatómicas y funcionales en las zonas del lenguaje y la lectura de dicho hemisferio. Sin embargo, cada vez son más los estudios que muestran que mediante un programa de intervención puede promoverse la normalización de la actividad en dichas zonas, aunque también se acompaña de actividad en el hemisferio derecho, lo que se interpreta como un indicio de procesos compensatorios.

En 2010, Bruce D. McCandliss, de la Universidad Vanderbilt, investigó los cambios de la actividad cerebral asociados con la enseñanza de la lectura. Se centró en cómo las actividades de aprendizaje con letras y sonidos en niños de preescolar incrementaba la sensibilidad ante lectura. Mediante imágenes por resonancia magnética axial constató que, en el transcurso de ocho semanas, un programa por ordenador de asociación de letras y sonidos producía cambios en las regiones del sistema visual asociados con la lectura. Estas modificaciones incluían, entre otros, un incremento en el nivel de oxigenación en el giro fusiforme izquierdo después del entrenamiento.

«Educational neuroscience». B. D. MacCandliss en *PNAS*, vol. 107, n.º 18, págs. 8049-8050, 2010



DE: *PNAS*, VOL. 107, N.º 18, PÁGS. 8049-8050, 2010

En contraposición a los programas clásicos de mejora de estrategias lectoras, Paula Clarke, de la Universidad de York, lideró en 2010 una investigación que ponía de relieve los problemas en las funciones lingüísticas de alto nivel de los malos comprendedores. El equipo analizó tres tipos de intervenciones. Entrenaron a un grupo de niños en la comprensión de textos escritos enfatizando las habilidades metacognitivas, inferenciales y de narración escrita. En el segundo grupo se centraron en la comprensión oral, por lo que hicieron hincapié en la mejora del vocabulario, de

CORTESÍA DE SYLVIA DEFIOR

El programa de intervención de fluidez lectora creado en 2001 por la autora (Defior) y Francisca Serrano, ambas de la Universidad de Granada, incluye actividades metafonológicas por ordenador. En una de ellas se solicita al usuario que distribuya una serie de estrellas que van apareciendo en pantalla según el sonido que escuchan al cliquear sobre ellas: «Pulsa en cada estrella con un doble clic del cazaestrellas para escuchar su sonido. Mete en la bolsa aquella estrella que no empieza o termina con el mismo sonido que las otras dos. Escucha con atención, para fijarte bien en su sonido al principio o al final.»

las habilidades de escucha, del lenguaje expresivo y figurativo y de la narración oral. En el tercer caso se usó una combinación de los otros dos métodos. En las tres modalidades de intervención se emplearon procedimientos de enseñanza recíproca, actividades en grupo e individuales. Se constató que todos los niños presentaban mejorías en la comprensión lectora en comparación con el grupo de control. Pero ¿por mucho tiempo?

Once meses después del ensayo, los investigadores comprobaron si los efectos del aprendizaje perduraban. Según confirmaron, los probandos que habían sido entrenados en la comprensión oral mostraban un incremento de la comprensión lectora, mientras que los otros dos mantenían los resultados iniciales. Concluyeron que la manera más útil para mejorar la comprensión escrita consiste en trabajar la oral. El vocabulario desempeña, pues, un papel destacado. Por ello, los centros escolares y profesionales de la educación deberían declarar una guerra a la pobreza léxica y estimular la expresión y comprensión oral de los niños.

Trabajar la fluidez

Otro aspecto poco estudiado es la fluidez lectora, entendida esta como la precisión, la velocidad y la expresividad. La lectura prosódica se caracteriza por un reconocimiento preciso y automático de las palabras y la adecuada expresividad y comprensión. De este modo, la fonología suprasegmental ejerce una función no solo en el reconocimiento de las palabras escritas, sino también en su comprensión. En 2013, junto con Nuria Calet, de la Universidad de Granada, y Nicolás Gutiérrez-Palma, de la Universidad de Jaén, realizamos una de las primeras investigaciones sobre el efecto de un programa para mejorar la comprensión a través de la prosodia. Mientras que se entrenó a unos probandos en la mejora de la automaticidad al leer (velocidad y precisión lectora), el otro grupo de niños trabajó la expresividad lectora (aspectos prosódicos como pausas, acento, entonación y segmentación de las frases en sintagmas con significado). En ambos casos se aplicaron técnicas de lectura repetida, teatralización y lectura por parejas, además de diversas actividades orales y escritas. Se constató que el entrenamiento de la expresividad aumentaba la fluidez de lectura, así como la comprensión y las habilidades prosódicas individuales. Estos resultados revelan la necesidad de dar mayor protagonismo a las habilidades prosódicas en la enseñanza de la lectura a los niños.

En suma, los estudios actuales muestran que, junto a la necesidad de una detección e intervención tempranas, deben enfatizarse las actividades de lenguaje oral desde la educación infantil y en los programas de lectura. Los problemas en la percepción del habla y en el desarrollo fonológico de los niños con dislexia se producen no solo en el ámbito fonémico, sino también en la fonología suprasegmental; de la misma manera, los déficits de los malos comprendedores en las habilidades lingüísticas de alto nivel incorporan carencias en capacidades prosódicas, aspectos novedosos que subraya la investigación reciente. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 70

PARA SABER MÁS

¿Cómo estimular el aprendizaje inicial de la lectoescritura? Papel de las habilidades fonológicas. S. Defior en *Infancia y aprendizaje*, vol. 31, n.º 3, págs. 333-345, 2008.

Ameliorating children's reading-comprehension difficulties: A randomized controlled trial. P. J. Clarke et al. en *Psychological Science*, vol. 21, n.º 8, págs. 1106-1116, 2010.

The effects of phonological and musical training on the reading readiness of native and foreign-Spanish speaking children. L. Herrera et al. en *Psychology of Music*, vol. 39, n.º 1, págs. 68-81, 2011.

A rhythmic musical intervention for poor readers: A comparison of efficacy with a letter-based intervention. A. Bhide, A. Power y U. Goswami en *Mind, Brain, and Education*, vol. 7, n.º 2, págs. 113-123, 2013.

EN NUESTRO ARCHIVO

La enseñanza de la lectura. J. Alegría, M. Carrillo y E. Sánchez, *en este mismo número*.

PSICOPATOLOGÍA Rara vez, el miedo a los números y a la aritmética se debe a una deficiente habilidad para el cálculo. Algunas personas con aritmofobia poseen incluso una capacidad especial para esta asignatura «de talentosos»

Fobia a las matemáticas

PATRICIA THIVISSEN

Dar la propina adecuada en un restaurante, comprobar el cambio en el supermercado o, sencillamente, sumar ocho y quince. Para algunas personas, este tipo de situaciones cotidianas suponen un estrés. Experimentan auténtico miedo ante todo lo relacionado con las matemáticas; incluso la simple idea de los números les provoca palpitaciones y sudoración. El cálculo en presencia de otros semejantes se les plantea especialmente difícil.

Las expectativas negativas y la inseguridad son características de la aritmofobia. Como consecuencia, se desarrolla un patrón de evitación, según indica Mark H. Ashcraft, psicólogo cognitivo de la Universidad de Nevada. Los sujetos con miedo a las matemáticas esquivan las situaciones que demandan realizar cálculos. De este modo, prefieren que sea la pareja quien vaya a comprar o descartan cursar una carrera universitaria relacionada con las ciencias.

¿Por qué algunos individuos muestran reacciones tan extremas cuando se las tienen que ver con la inofensiva aritmética? Una razón podría hallarse en la imagen que los afectados elaboran del cálculo, explica Günter M. Ziegler, profesor de matemáticas en la Universidad Libre de Berlín. «Por lo general, las matemáticas se consideran una materia complicada. Pero el coqueteo de muchas

En síntesis: Inseguridad ante los números

1 Las personas con aritmofobia sufren estrés cuando deben calcular. Por este motivo tratan de evitar en lo posible el manejo de números.

2 El cálculo activa en el cerebro de estos sujetos los centros del miedo, así como las áreas que reaccionan al peligro y el dolor.

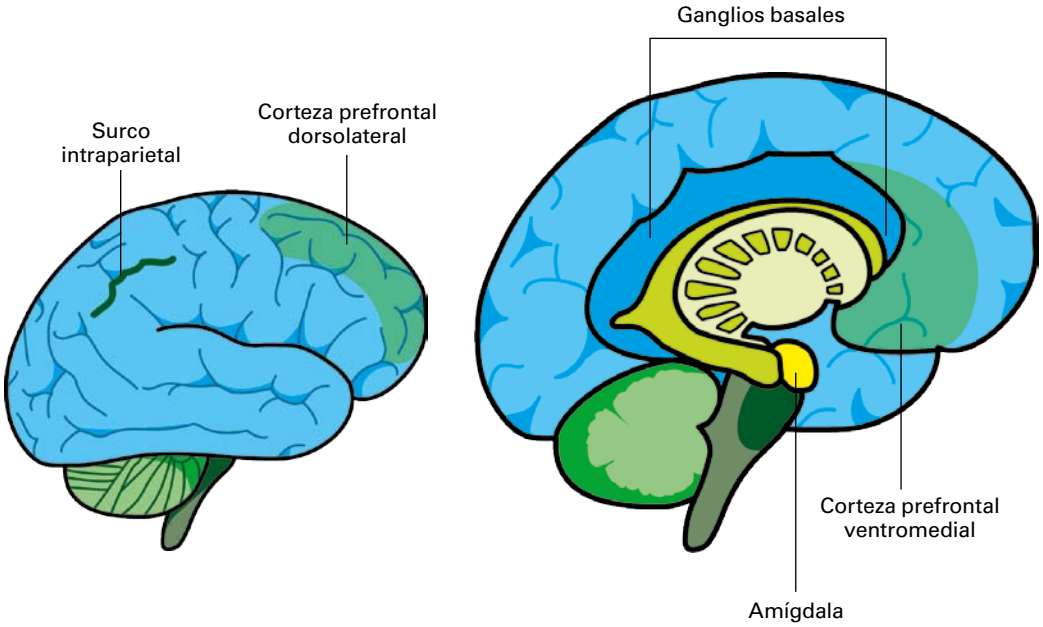
3 La mejor manera de combatir la fobia a los números es incidir en el factor que la origina: los ejercicios matemáticos. Una mejor formación de los docentes puede contribuir a la prevención de la fobia matemática en escolares.

EL MONSTRUO DE LAS MATEMÁTICAS
Las fórmulas y las ecuaciones provocan a las personas con aritmofobia verdaderos ataques de pánico.

TODAS LAS ILUSTRACIONES DE ESTE ARTÍCULO: *GEHIRN UND GEIST* / DENIELA LEITNER

Dónde se origina el miedo

Cuando los aritmofóbicos realizan cálculos, su amígdala (centro del miedo en el cerebro) se activa con fuerza. Tal y como muestran los escáneres cerebrales, la amígdala se conecta de manera más eficiente con la corteza prefrontal ventromedial. En cambio, la actividad en las áreas encargadas del razonamiento matemático se interrumpe. Entre ellas, la corteza prefrontal dorsolateral, el surco intraparietal y zonas de los ganglios basales.



personas con el lema "nunca he sido bueno en mates" tampoco ayuda.» Enunciados como este transmiten con facilidad el miedo paterno a los hijos.

Rose Vukovic, psicóloga de la Universidad de Nueva York que investiga la fobia aritmética (aritmofobia) en niños, constata esta tesis. «Socialmente se acepta que una persona diga de sí misma que es mala en matemáticas. Sin embargo, esa descripción no es válida cuando se trata de habilidades lectoras.» Incluso diversas cadenas de grandes almacenes en Estados Unidos venden camisetas que lucen lemas como *I'm too pretty to do math* («Soy demasiado guapa para dedicarme a las mates») o *Allergic to algebra* («Alérgico al álgebra»). Vukovic no ve con buenos ojos ese tipo de enunciados supuestamente graciosos: «Con ello, los niños reciben continuamente mensajes negativos sobre las matemáticas». Cuando tales esquemas de pensamiento se instauran, resulta difícil salir de ellos.

A simple vista, podría pensarse que los individuos con aritmofobia desarrollan un rechazo hacia los números debido a su escasa habilidad de cálculo. Sin embargo, la explicación no resulta tan sencilla. Diversos estudios han revelado una débil relación entre la inteligencia general y la fobia matemática. Además, en una situación distendida, es decir, sin sentirse bajo presión, las personas que padecen miedo a las matemáticas suelen puntuar igual de bien que los individuos sin dicho problema. La merma en el rendimiento se debe, antes bien, al estrés, sobre todo si el individuo dispone de un tiempo limitado para responder o si se enfrenta a una evaluación; también si se trata de un ensayo experimental.

Bloqueo de la memoria operativa

Otra muestra de que la aritmofobia no guarda una relación directa con la inteligencia la encontramos en las personas de alto rendimiento (*high achievers*), entre las que a menudo se da este tipo de miedo. Su memoria operativa es sobresaliente, por lo que alcanzan unos resultados intelectuales que se sitúan por encima de la media. Pero precisamente esa destacada memoria de trabajo (encar-

ENTRE LA FRUSTRACIÓN Y LA DESESPERACIÓN

Por aritmofobia se entiende la sensación de tensión y miedo que dificulta el manejo de números, así como la resolución de problemas matemáticos en diversas situaciones. En algunos afectados, la fobia a las matemáticas es leve y conduce a la frustración. Otros, en cambio, luchan contra auténticos arrebatos emocionales cuando se enfrentan a ejercicios de cálculo.

«Mathematics anxiety and the affective drop in performance». M. Ashcraft y A. Moore en *Journal of Psychoeducational Assessment*, vol. 27, págs. 197-205, 2009

gada de almacenar, de forma temporal, información y soluciones a problemas complejos) parece bloquearse debido a la fobia, según descubrió Ashcraft.

Solicitó a un grupo de probandos con aritmofobia que resolvieran una serie de ejercicios de cálculo a la par que memorizaban combinaciones de letras. Los pensamientos y sentimientos negativos que despertaba la tarea en los participantes afectó a su memoria de trabajo, por lo que respondieron números equivocados, pero también letras erróneas.

La psicóloga Sian Beilock, de la Universidad de Chicago, ha investigado, asimismo, la relación entre la aritmofobia y la capacidad de memoria operativa. En uno de sus ensayos pidió a una serie de probandos con diferente grado de aritmofobia que juzgaran si una complicada ecuación era correcta o errónea. Beilock evaluó la memoria de trabajo de cada voluntario mediante pruebas memorísticas. Además, les tomó muestras de saliva antes y después del ejercicio matemático, con el fin de registrar la concentración de cortisol (hormona del estrés que se libera sobre todo en condiciones de tensión sostenida).

Según descubrió, el aumento de cortisol se acompañaba de un peor rendimiento en las tareas matemáticas; sobre todo en los sujetos con una aritmofobia intensa. Por el contrario, los probandos menos fóbicos obtenían mejores resultados, a pesar de experimentar, asimismo, un aumento hormonal. Todo apunta, concluye Beilock, a que mientras estos últimos consideraban los ejercicios un desafío, para los más propensos a sentir miedo se trataba de un estímulo estresante.

Otro hallazgo sorprendió a Beilock y a su equipo: los aritmofóbicos con una memoria operativa destacada obtenían peores resultados en comparación con aquellos cuyo rendimiento memorístico era peor. Al parecer, los probandos con una capacidad de memorización menor no se fiaban de sus recuerdos a corto plazo, por lo que trataban de estimar o adivinar los resultados de los ejercicios.

EN LAS GARRAS DEL ESTRÉS
Las personas con fobia a las matemáticas presentan en la sangre una cantidad de cortisol (hormona característica del estrés) elevada cuando se enfrentan a ejercicios de cálculo.

NÚMEROS AMENAZANTES
En ocasiones, la simple idea de tener que resolver un ejercicio de cálculo activa áreas cerebrales que se movilizan en caso de peligro y dolor.

Rose Vukovic y Gerardo Ramírez, de la Universidad de Chicago, observaron un fenómeno similar en escolares con aritmofobia. Los niños con un gran potencial intelectual se convirtieron en «evitadores» de las matemáticas. Ambos investigadores revelaron, además, que el miedo al cálculo no aparece a lo largo de la etapa escolar y se refuerza con una retroalimentación negativa; con frecuencia puede observarse en niños de primero de primaria.

En 2012, Vinad Menon, de la Universidad Stanford en California, exploró las bases neurocientíficas de la aritmofobia en alumnos con edades comprendidas entre los siete y los nueve años. Mientras yacían en el escáner de tomografía por resonancia magnética, los jóvenes probandos debían determinar si los resultados de una serie de ecuaciones sencillas eran correctos o erróneos. Las neuroimágenes mostraron que, en el cerebro de los niños con una fobia más grave, la amígdala derecha se activaba con mayor intensidad y desarrollaba más conexiones con las áreas cerebrales relacionadas con el miedo (entre ellas, la amígdala izquierda y la corteza prefrontal ventromedial). En cambio, las conexiones entre la amígdala derecha y la corteza parietal posterior aparecían más débiles.

Menon afirma que la gran implicación de la amígdala explica que los niños procesen emociones negativas y estímulos que desencadenan el miedo al enfrentarse con números y ejercicios de cálculo. Otras regiones (la corteza prefrontal dorsolateral derecha, el surco intraparietal y el núcleo putamen en los ganglios basales) eran menos activas en el grupo de niños aritmofóbicos que en el de control. Dichas áreas cerebrales se relacionan con el razonamiento matemático.

Miedo anticipatorio

El equipo de Menon apoya la tesis de que las personas con aritmofobia disponen de menores recursos para el procesamiento cognitivo de la información. A grandes rasgos, su cerebro trata de contrarrestar un fracaso: tal y como han hallado los estudios anteriores, la corteza prefrontal ventromedial regula las emociones negativas mediante la disminución de la actividad de la amígdala. El hecho de que dichas regiones se comuniquen con mayor intensidad en los niños con fobia a las matemáticas podría señalar procesos compensatorios. Menon confía en que estos hallazgos permitan establecer puntos de partida para un tratamiento específico de esta fobia.

LA AUTORA

Patricia Thivissen es psicóloga y periodista científica.

Chicas aritmofóbicas: ¿verdad o prejuicio?

Cuando se trata del cálculo, las mujeres suelen tener que combatir la sudoración y las palpitaciones más que los hombres. Una investigación llevada a cabo con más de 400 escolares británicos reveló que, en promedio, las alumnas padecían más miedo a las matemáticas y a los exámenes que sus compañeros varones. El temor mermaba con mayor intensidad las habilidades para calcular en ellas que en los chicos. Sin embargo, ambos sexos puntuaban igual de bien en las pruebas. Los investigadores creen que muchas alumnas eran capaces de calcular mejor que sus compañeros, a pesar del cliché, algo que lograrían si no fuese por el maldito miedo.

Al parecer, las profesoras también fomentan prejuicios del estilo «los chicos son buenos en cálculo y las chicas en lectura». Según colaboradores de Sian Beilock, de la Universidad de Chicago, las docentes de primaria con miedo a las matemáticas contribuían a la aritmofobia femenina, pues transmitían con el tiempo su propia inseguridad a las alumnas. En cambio, no se detectó ese efecto en los varones que asistían a las clases de las mismas profesoras.

«Female teacher's math anxiety affects girls' math achievement». S. Beilock et al. en *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, págs. 1860-1863, 2010; «Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety». A. Devine et al. en *Behavioral and Brain Functions,* vol. 8, pág. 33, 2012

El control cognitivo desempeña una importante función para manejar la anticipación del miedo. Beilock e Ian Lyons, también de la Universidad de Chicago, constataron que la simple idea de tener que calcular activaba en las personas con aritmofobia las áreas cerebrales que ejercen un papel en la identificación de peligros y dolor. Sin embargo, esta red neuronal entraba en acción solo cuando aparecía un indicio de que habría que resolver un ejercicio matemático, no durante el ejercicio en sí.

Los autores concluyen que son las expectativas las que despiertan más miedo en los aritmofóbicos, fenómeno que podría explicar por qué muchos individuos con fobia a las matemáticas tienden a evitar los números. Pero, según constataron, no todos los sujetos con ese miedo cometen el mismo número de errores: algunos se equivocan con mayor frecuencia que otros.

Cuando anunciaban el ejercicio matemático a los sujetos menos afectados, aumentaba la actividad en las regiones frontoparietales de su cerebro. Dichas áreas se relacionan con situaciones en las cuales queremos controlar nuestros sentimientos y evaluamos de nuevo reacciones emocionales negativas. En el momento en que esta red neuronal se activaba con intensidad, la tasa de errores disminuía. En los sujetos de control (sin aritmofobia) no se halló semejante patrón de activación; tampoco debían combatir un estímulo desencadenante del miedo.

Una posible terapia específica para la fobia a las matemáticas debería incidir en el origen del miedo, es decir, en los instantes previos a los ejercicios matemáticos. Intentar solucionar el problema a través de más horas de aritmética tiene poco sentido, opina Rose Vukovic. En cambio, pueden ayudar actividades que faciliten a los alumnos reconocer las reacciones de miedo y les enseñen cómo pueden activar los recursos de control cognitivo a tiempo.

En el caso de los niños más pequeños, también deberían implicarse los padres. Junto con sus hijos podrían resolver ejercicios adecuados a la edad de estos últimos y posiblemente superar de esta forma el propio miedo a las matemáticas. Aunque quizá ya sea suficiente con inculcar la autoconfianza.

Ziegler va más allá: aboga por una mejora de la formación de los pedagogos. «En mi opinión, los profesores que reflejan una inseguridad en matemáticas no ayudan a que los alumnos con miedo a los números mejoren su autoconfianza.» También discrepa con la imagen creada de las matemáticas como una asignatura «para talentosos», solo accesible para los genios. «Si se quiere estudiar matemáticas en la universidad, es preferible tener un talento especial para los números, pero seguro que esa facultad no es necesaria para aprender las matemáticas de primaria.» ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 66

PARA SABER MÁS

The relation between salivary cortisol and math performance depends on individual differences in working memory and math-anxiety. S. Beilock et al. en *Emotion*, vol. 11, págs. 1000-1005, 2011.

When math hurts: Math anxiety predicts pain network activation in anticipation of doing math. I. Lyons y S. Beilock en *PLoS One*, vol. 7, pág. e48076, 2012.

The neurodevelopmental basis of math anxiety. V. Menon et al. en *Psychological Science*, vol. 23, págs. 492-501, 2012.

Didáctica de la matemática

Conviene que los escolares comprendan pronto el sentido profundo de los números y de las operaciones aritméticas, propone **INGE SCHWANK**, experta en la enseñanza de las matemáticas

Muchos escolares fracasan en la clase de matemáticas. ¿Razón? Piensan de forma distinta de la que requiere la aritmética. En la escuela primaria se desaprovecha la ocasión de enseñarles otra manera más adecuada de pensar, declara Inge Schwank, quien desde hace 20 años viene investigando sobre matemática cognitiva, amén de ofrecer cursos de matemáticas a escolares. Descubrió que muchos niños piensan con estructuras estáticas. Si se les proponen tareas de completar modelos (*véase la figura de la página 94*), se fijan en las características de las formas presentadas; por ejemplo, en las semejanzas. En la primera figura (*arriba izquierda*) todas las líneas son rectas. En la de arriba a la derecha y la de abajo a la izquierda, hay dos líneas curvadas hacia fuera. Por tanto, la forma que falta abajo a la derecha ha de tener cuatro líneas combadas hacia fuera.

Frente a este pensamiento predicativo —es decir, que atribuye cualidades o predicados—, otros niños optan por un pensamiento funcional. Ven una regla de deformación en la que cada línea se curva primero hacia dentro y luego hacia fuera. Al final, también aquí resulta una figura en la que todas las líneas se comban hacia fuera. Para Schwank, el pensamiento funcional ayuda a los humanos a resolver mejor los problemas de aritmética. En vez de pensar en números cardinales (1, 2, 3, muchos), los niños deberían aprender desde pequeños el aspecto procesual: con ayuda de los números ordinales, que nacen de la ordenabilidad («el primero», «el tercero»), e incluyen el procesual «más uno».

Junto con Jan Born, investigador de Lübeck, Schwank demostró ambas formas de pensar en un estudio con encefalogramas. Asimismo, sus investigaciones revelan cómo puede fomentarse el pensamiento funcional, los beneficios que ello comportaría, en particular, a las alumnas, y el valor relativo de las buenas calificaciones en la asignatura de Matemáticas.

Profesora Schwank, cuando en la escuela tuve que habérmelas con el sistema binario, es decir, debía escribir los números solo con 0 y 1, casi tenía que echarlo a suertes. ¿Me hubiera resultado más fácil si hubiese nacido chico?

Me temo que sí. Se ha demostrado que las dificultades de las chicas en matemáticas difieren de las de los chicos. Pero ¿por qué? Mis investigaciones muestran que las niñas propenden a un pensamiento referido a las cualidades más que a lo funcional. Los niños, en cambio, se arriesgan y emprenden un viaje hacia el descubrimiento de los números. Proponga a escolares de primaria el siguiente ejercicio: un jardinero ha de plantar árboles en un camino de 30 metros, de manera que haya un árbol cada 2 metros. Las niñas se limitan a dividir 30 entre 2. Y obtienen un resultado erróneo. Los chicos se imaginan el proceso: el jardinero planta un árbol al comienzo del camino, a los dos metros, otro, etcétera. Y, al final, ha de plantar el árbol número 16.

¿Qué habrían podido hacer mis profesores?

Fomentar el pensamiento funcional en vez de cruzarse de brazos y decir: «Resulta que las chicas no son tan buenas en mates». Cuando se sabe que hay diferentes formas de pensar, puede abordarse el problema de muy distinta manera.

¿Y qué puede hacer la escuela?

Muchos expertos coinciden en que los niños deberían experimentar el proceso constructivo al aprender los números. Los números siempre pueden devenir más uno. Así, los escolares no tendrían que vérselas solo con el número

9 en sí, sino también pensar que a ese número le precede el 8 y le sigue el 10. El arte radica en entender que siempre puedo construir cualquier número añadiendo «más uno». Evidentemente, al contar no deben conformarse solo con los pasos de uno en uno; pero es importante que se saque el número de su aislamiento y queden patentes las conexiones aritméticas con los otros números.

Quien no lo aprende, ¿tiene dificultades con otros sistemas numéricos?
Si usted, en edad escolar, tenía que pelearse con el sistema binario, probablemente no había comprendido el sistema decimal. Al principio, muchos niños tienen dificultades con el paso a la decena. Por ejemplo, en el caso de 8 más 4, se salta por encima del 10, es decir, se debe contar 8 más 2 igual a 10; más 2, igual a 12. También tienen problemas cuando, en el sistema binario, han de calcular 11 más 1 igual a 100 (traducido a nuestro sistema decimal es: 3 más uno igual a 4).

¿Qué relación guardan esos problemas con la idea del «más uno»?
Es fundamental que los escolares comprendan qué son los números. Han de tener claro que el número no es la cifra que tienen delante, sino la idea que la ha inspirado. Ayuda una definición de número en la que, partiendo del cero, se construyen todos los otros números siguiendo contando. Sería un principio funcional y, al mismo tiempo, el fundamento del cálculo. Pero si los niños solo se representan conjuntos, piensan en números cardinales. Ven cinco coches en el aparcamiento y caen en la cuenta: «Hay exactamente tantos como dedos tiene mi mano». Ven la totalidad y no el proceso de construcción. No pueden saber qué es «cinco» si nunca antes han efectuado un recuento.

¿Qué tiene que ver eso con la dificultad de entender el concepto de decena?
Con independencia de que se trate del sistema binario o del duodecimal, el principio es el mismo: siempre uno más. Pero el compás es otro. Si un niño no desarrolla un sentido sobre el significado del paso del 9 al 10 en el sistema decimal, el pasar la decena le resultará dudoso y se quedará sin entender la forma de contar en sistemas con otros compases.

¿Qué sucede si no se piensa funcionalmente?
Imagínese una alumna de primaria a la que se le pide: «Indica el siguiente de mil noventa». A buen seguro responderá: «Dos mil». Imagínese ahora unas ruedas dentadas como las del tacómetro. Para contar un número más, ella debería girar un paso la última ruedecilla de atrás. Si gira la rueda de delante, la equivocada, realiza un acto correcto, pero en el lugar erróneo. De este modo, pone en marcha el proceso incorrecto y obtiene un «dos mil». Si se deja seducir por el nueve en el supuesto de que a continuación debe venir un mayor paso, una especie de salto a las decenas, lo dará al lugar de los miles. Si poseyera una mentalidad funcional, no habría cometido ese error, puesto que hubiera caído en la cuenta del disparate: dos mil es casi el doble de mil noventa; no puede ser «el siguiente».

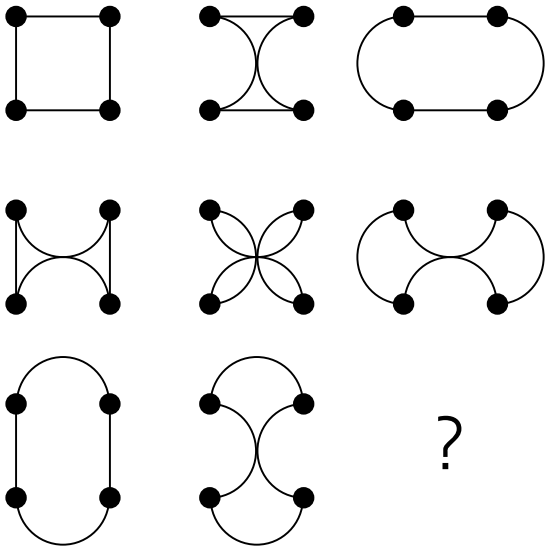
UWE LEWANDOWSKI

INGE SCHWANK

Nacida en 1959, se doctoró en matemáticas a los 25 años. Desde 2001 es catedrática de didáctica de las matemáticas en la Universidad de Osnabrück. Ha investigado en la representación cerebral de los conceptos matemáticos y en la innovación de la enseñanza de la matemática.

¿Cómo pueden demostrar los científicos que algunas personas piensan funcionalmente cuando cuentan?
En nuestro caso, se nos ocurrió ocuparnos de esta capacidad motora mental a partir...

Perdone que la interrumpa, ¿por «motora» quiere decir que se mueve algo en nuestro interior?
Sí. Aunque solo unos pocos estamos convencidos que tiene que ver con el pensamiento. De esa opinión participaba también Bartel van der Waerden [1903-1996], matemático neerlandés. Explicaba que nos podemos imaginar de muchas maneras un círculo. Una posibilidad consiste en tener ante los ojos el dibujo de una línea circular. También cabe imaginarse que una varilla gira y genera un círculo. A esto último lo llamamos motricidad mental. Las representaciones motoras responden a procesos constructivos. Recuerde el ejemplo de la plantación de árboles.



Este ejercicio propone completar el espacio vacío abajo a la derecha. Por lo general, las personas utilizan para ello, de manera inconsciente, una de las dos estrategias mentales siguientes: los pensadores «predicativos» se inclinan por las semejanzas. Los «funcionales», por el contrario, ven unas reglas de deformación: por sucesivos alabeados se origina desde el cuadrado (*arriba izquierda*) una especie de hoja de trébol, en la que todos los lados se curvan hacia fuera.

Podemos representarnos a alguien que va colocando los árboles en la tierra, uno tras otro. Mentalmente, llevamos a cabo la fase previa, la acción en sí y la subsiguiente.

¿Cómo estudia este proceso mental en los niños?
En la escuela primaria trabajamos, por casualidad, con laberintos dinámicos, piezas de madera que se ensamblan y permiten construir caminos, cruces y desvíos. Estos nudos de comunicaciones simbolizan operaciones aritméticas. Con estos elementos, los niños construyen una suerte de máquina de sumar. Después, recorren el camino y comprenden si han realizado correctamente la operación. Se trata, a todas luces, de una tarea funcional centrada en el proceso. Observamos a niños y jóvenes en Alemania, Indonesia y China y les preguntamos con qué estrategia procedían. Reparamos en que imaginarse algo en el espacio y, además, en el tiempo, constituye un problema para muchos escolares, sea cual sea su cultura. Ahora trabajamos con ejercicios de completación de modelos, con el objetivo de investigar el fenómeno.

Según indica, si la educación en matemáticas en primaria no ha sido la adecuada, es bastante probable que el escolar presente problemas futuros en esta materia.
Para algunos niños, el mundo del cálculo es bastante nítido. No ven los números aislados, sino como resultado de un proceso. Pero en primaria, la atención no se pone necesariamente en estas relaciones funcionales. Aunque un niño sea aplicado, haga siempre los deberes de la escuela y, además, tenga buena memoria, puede que no haya entendido nada. Obtiene buenas notas, pero sin adentrarse en la construcción de los números. En primero de primaria se llega a contar, como mucho, hasta el veinte. Dado que los niños en esa etapa escolar no saben escribir todas las cifras, las posibilidades de realizar ejercicios de cálculo son reducidas.

Entonces, ¿los niños se limitan a copiar unos pocos modelos sencillos sin entender nada?
En el peor de los casos, así es. El hecho de que se obligue a los niños a recitar «dos más tres, cinco» no es un problema; pero puede que el profesor no haya reparado en si los alumnos han entendido lo que subyace a esa operación. Lo trágico en esto es que, si la carencia empieza a detectarse dos años después, suele ser demasiado tarde. La matemática opera como sigue: se piensa algo a partir de pequeñas proporciones manejables. A continuación, se transfiere eso a operaciones de cálculo con sumas algo mayores. Pero si el niño ha dejado escapar la ocasión de reflexionar con cantidades pequeñas, le resultará más costoso o incluso imposible lograrlo.

Un juicio severo. A la edad de 80 años todavía se puede aprender un idioma; en cambio, en matemáticas, lo que no se ha aprendido durante el ciclo medio de primaria, ya no se sabrá nunca. ¿Es así?
He conocido a muchos niños a los que les ha pasado. Incluso en el instituto me he tropezado con los fallos más estrepitosos. El problema es: ¿qué pretende alcanzar la matemática escolar? La meta en primaria son los procedimientos de cálculo escritos. Se busca que funcionen automáticamente y que no se necesite pensar. La mayoría de los libros de texto se adaptan a un mismo patrón harto extendido: se propone un ejemplo y luego los niños llevan a cabo diez ejercicios siguiendo ese modelo. Con este sistema, quizá se automatiza el procedimiento en su cabeza, pero nadie puede saber si, además, han entendido la tarea.

¿Cómo pueden los profesores evitar eso?
Pueden abordar los temas junto con los niños.

Es decir, ¿proponer el cálculo como materia de discusión en la escuela primaria?
De hecho, empieza a penetrar la idea de que ese es el método correcto. En este enfoque, los niños dialogan entre sí y con el profesor. Se entablan negociaciones sobre determinados temas; los niños escriben o dibujan en los cuadernos de clase, en los que reflejan consideraciones interesantes. En vez de resolver ejercicios, se tramitan cometidos. De ese modo, aprenden a pensar por sí mismos, a examinar los resultados en diálogo con los demás y a aclararlos entre ellos.

Intento imaginarme cómo un niño de primero de primaria discute sobre números. ¿Podría ponerme algún ejemplo?

El profesor podría proponer a los niños que hicieran un dibujo: dos caras frente a frente. Después, dibujan un bocadillo que sale de la boca de cada uno. Ambos han de decir «hola», con una diferencia: el de la izquierda debe tener un «hola» correcto en el bocadillo. En la cara de la derecha estará escrita la imagen especular de la palabra, «aloh». Con los números pasa algo similar. Podemos escribir «13» o «31». Sobre esto se habla en grupo; ¿qué error hay en escribir 31 en vez de 13? Con niños, lo puedes discutir tranquilamente; mejor que con adultos, pues a duras penas se le ocurriría a un adulto este «hola» especular. No obstante, contiene una lógica interna: en la cara izquierda, el «hola» empieza con una *h* en su boca, lo que también sucede en la boca de la derecha. Si se discute algo así, los niños se muestran abiertos y se entusiasman. De la misma manera, se debate con ellos qué significa el signo «3» en un lugar y qué en el otro. Se trabaja en el grupo lo que subyace a estas convenciones. Además, los niños comprenden que el significado de cifras y letras es fruto de un acuerdo.

¿Cómo explica un profesor a los niños lo que significa un número? ¿Les dice: esto es un 6 y, por favor, pensad siempre en que puede proceder de «2 por 3»? ¿Cómo se explica esto? ¿Cómo se practica?

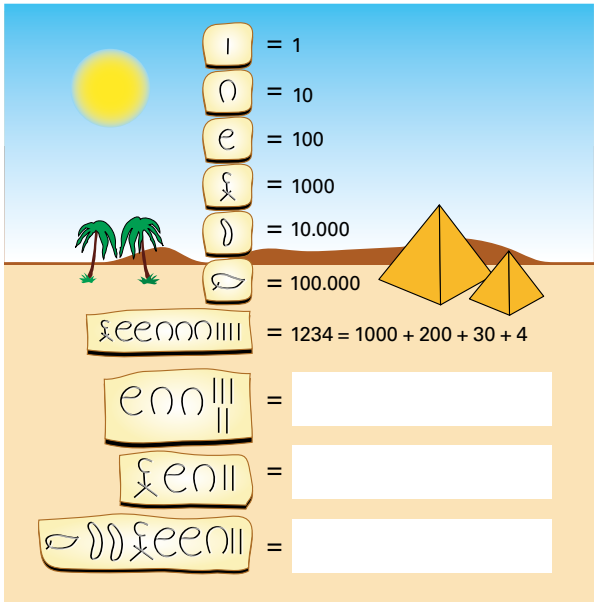
«Practicar» y «explicar» son palabras que eluden el proceso de aprendizaje. No es cuestión de ejercicios que se dan resueltos y después se han de imitar. Y en el caso de explicar, la actividad recae básicamente en el lado del profesor. Debe lograrse que el niño sea el actor principal en la organización del aprendizaje.

¿Logra el docente que los escolares adopten esta función con entusiasmo?

Se puede discutir algo en grupo con los niños y después hallar, juntos, una solución. Fíjese en el caso de las cifras. Imagínese que ha construido un gran 8 con un tubo de gomaespuma. Después, le da una vuelta y pregunta: ¿qué es ahora? A continuación, hace lo mismo con el 9, o con el 10; en este caso las cifras cambian. Numerosos niños se acercan y preguntan: ¿Cuál es el truco? ¿Qué esconde esta cifra? Con los mayores se utiliza otro sistema de signos. El sistema del antiguo Egipto es muy apropiado como punto de partida de una discusión, porque también tiene una estructura decimal (*véase la figura de arriba*). Escriba ahora el número 13, es decir, una «herradura» para el 10 y tres «palotes» para las unidades. Para el diez se utiliza un signo distinto del que se emplea en nuestro sistema. La posición es indiferente: se podría poner también la herradura al final, pero el significado no cambiaría.

En ese punto, los niños empiezan a pensar.

Exacto. En vez de explicaciones, se presentan estímulos para reflexionar. En las lecciones de cálculo se sigue diciendo que se aprenda de memoria la tabla de multiplicar, hacia delante y hacia atrás. En realidad, es poco inteligente. No es lícito utilizar a los pequeños como calculadoras de bolsillo.



A orillas del Nilo, se contaba sirviéndose del sistema decimal. Sin embargo, anotaban sus números de forma muy distinta a la nuestra. Si los niños los manejan con habilidad, pueden explicarse, jugando, nuestro sistema indoarábigo. (*Solución de los ejercicios: 125, 1112 y 121.212.*)

Pero hay que aprender. Yo estoy muy satisfecha con no tener que repasar cada vez 8 por 8, sino saber al instante el resultado: 64.

Aunque sea muy práctico, no basta. Debería saberse explicar también por qué es así. Este es el auténtico núcleo del trabajo matemático. Dígame, por ejemplo, cuánto hacen en el sistema binario 3 por 4.

Tendría que pensarlo...

Las tablas de multiplicar se hallan tan automatizadas que se pierde el sentido de los procesos de fondo. Y, con el tiempo, nadie tiene ganas de ponerse a ello. Los profesores también deberían prevenirlo. ★

Entrevista realizada por *Annette Lessmöllmann*, periodista científica.

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 16

PARA SABER MÁS

Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik II. U. Ruf, P. Gallin. Kalmeyer, Seetze, 1999.

Monografías con nuestros mejores artículos sobre temas clave

DESARROLLO DEL BEBÉ

¿Pueden los llantos revelar problemas neurológicos? • Los orígenes de la risa • Aprender a través del sentido del tacto • Cómo adquieren los bebés el lenguaje • Así piensan los bebés

CARTOGRAFIAR EL CEREBRO

Métodos para analizar los circuitos neurales • Estudio de la expresión de los genes en el cerebro • ¿Neuroimágenes para predecir trastornos mentales? • Cartografía cerebral en vivo

ALIMENTACIÓN

Alimentos que favorecen las capacidades cognitivas • Productos «sin», ¿sensibilidad alimentaria o moda? • Estructura cerebral de las personas con obesidad • Los ácidos grasos y la salud

AMOR, PAREJA Y SEXUALIDAD

Ventajas evolutivas de la monogamia • El continuo de la homosexualidad • Los centros del placer sexual en el cerebro • El orgasmo femenino • Disfunción sexual

LA VISIÓN

Mecanismos neuronales de la percepción visual • Factores que determinan la sensibilidad estética • La visión de los colores en los primates • Ciegos con visión

DEPRESIÓN

Trastorno depresivo en el trabajo • Depresión en el hombre y en la mujer • Electrodos cerebrales para la depresión resistente • El éxito de la terapia cognitivo-conductual

www.investigacionyciencia.es/revistas/cuadernos

Sigue el desarrollo de la psicología y las neurociencias

MENTE Y CEREBRO n.º 90
El sentido de la vida • Fármacos para superar la adicción al alcohol • ¿Por qué se autolesionan algunos jóvenes? • Las funciones menos conocidas del cerebelo • Analogías entre la obesidad y la anorexia

MENTE Y CEREBRO n.º 89
Personalidad • Evolución del descanso en el bebé • Claves psicológicas del sadomasoquismo • Ventajas de la terapia de grupo • Los efectos de la píldora contraceptiva en la conducta y la memoria

MENTE Y CEREBRO n.º 88
Homeopatía • Neurofilosofía de la consciencia • Las ventajas de jugar en la naturaleza • Mecanismos cerebrales y decisiones de compra • La oftalmología en el México precolombino

MENTE Y CEREBRO n.º 87
Los límites del ego • El siglo de la posverdad • Cerdos curiosos, gallinas empáticas • ¿Pueden los llantos del bebé revelar problemas neurológicos? • Degeneración axonal y esclerosis múltiple

MENTE Y CEREBRO n.º 86
El arte de fluir • Claves para conciliar la vida laboral y familiar • Cómo funciona el cerebro de los matemáticos • La psicoterapia a través del móvil • Traumatismo craneal en neonatos por maltrato

MENTE Y CEREBRO n.º 85
Con ojos de bebé • El sentimiento de apego de los perros • La comprensión del tiempo • Psicólogos en zona de guerra • Entrevista a Álvaro Pascual Leone, pionero en estimulación cerebral

www.investigacionyciencia.es/revistas/mente-y-cerebro

Para más información y efectuar tu pedido: Tlf. 934 143 344 | administracion@investigacionyciencia.es

Accede a la HEMEROTECA DIGITAL

TODAS LAS REVISTAS DESDE 1985

Suscríbete a la revista que desees y accede a todos sus artículos

www.investigacionyciencia.es/suscripciones

Encuentra toda la información sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología de los últimos 30 años

Prensa Científica, S.A.